Photo de couverture: Parcelle de framiré de 18 ans en forêt de Tene (Côte d'Ivoire).

Les plantations à vocation de bois d'œuvre en Afrique intertropicale humide

par
B. Dupuy
Ingénieur de recherche, CTFT, Côte d'Ivoire
et
G. Mille
Ingénieur de recherche, CTFT, France

Les appellations employées dans cette publication et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones, ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites.

M-32
ISBN 92-5-203020-4

PREFACE

Les forêts tropicales continuent à être défrichées à un rythme rapide. Certains pays de la zone tropicale humide ont vu disparaître en quelques décennies la plus grande partie de leur couvert forestier. Dans la majorité des pays tropicaux, des efforts accrus de reboisement sont devenus indispensables pour permettre la reconstitution du patrimoine forestier et soulager la pression sur les forêts naturelles qui existent encore.

L'expérience considérable acquise par le Centre Technique Forestier Tropical dans plusieurs pays de l'Afrique tropicale humide, lui a permis de mener à bien le bilan des connaissances sur les plantations de bois d'oeuvre présenté dans cet ouvrage. Les auteurs décrivent les techniques utilisées et les enseignements que l'on peut tirer des nombreuses expérimentations réalisées dans les forêts denses humides africaines. Ce faisant, ils fournissent aux sylviculteurs les éléments leur permettant de choisir les espèces de bois d'oeuvre et les techniques de reboisement qui conviennent le mieux dans chaque cas.

Le document comprend deux parties principales qui traitent l'une des plantations d'enrichissement, l'autre des plantations en plein découvert. Cette présentation correspond à la chronologie de l'évolution des techniques sylvicoles qui ont été mises en oeuvre au fil des années pour tenter de freiner la réduction des forêts naturelles.

De nombreuses questions liées à la problématique du reboisement en zone tropicale humide sont également passées en revue. On peut se rendre compte à cette occasion que les problèmes techniques ne peuvent être résolus indépendamment des contextes économique, social et institutionnel qui déterminent la mise en valeur et la conservation des forêts tropicales.

Consciente de la valeur et de l'importance de ce document, non seulement pour l'Afrique tropicale humide, mais également pour les zones de même écologie d'Asie et d'Amérique, la FAO est convenue avec le CTFT de le publier dans la série des Etudes FAO : Forêts. La FAO remercie vivement le Centre Technique Forestier Tropical pour sa collaboration ainsi que les deux auteurs MM. B. Dupuy et G. Mille pour l'excellent travail qu'ils ont accompli.

J.P. Lanly
Directeur
Division des Ressources Forestières
Département des Forêts
FAO

F. Cailliez
Directeur
Centre Technique Forestier Tropical
Département Forestier du CIRAD

TABLE DES MATIERES

Pages

PREMIERE PARTIE

HISTORIQUE

Les premiers forestiers responsables de la gestion de massifs tropicaux (1900-1905 au Nigéria ; 1925-1930 pour les autres pays africains) avaient l'impression que la forêt dense tropicale était inépuisable et que la nature se chargeait seule de reconstituer son capital. Mais la progression des connaissances sur la composition et le fonctionnement de cet écosystème a fait déchanter les gestionnaires et surtout leur a apporté la conviction d'une nécessaire intervention humaine dans la régénération.

La très grande diversité des milieux, la longueur des temps de réponse des expérimentations forestières avec leurs nécessaires répétitions n'ont pas facilité la tâche des pionniers de la sylviculture tropicale. Néanmoins la volonté de progresser s'est rapidement traduite par l'application de théories qui allaient diviser le monde forestier en opposant les concepts de régénération naturelle et artificielle.

Ces divergences ont néanmoins permis de faire évoluer parallèlement les connaissances.

Les méthodes basées sur la régénération naturelle sont très nombreuses. Le principe de base était "de donner progressivement de la lumière au sol en vue de déclencher la germination des graines tombées et de stimuler la croissance des plants préexistants languissant sous le couvert" (R. CATINOT, 1965). Ces méthodes peuvent être divisées en deux grands groupes, en fonction de l'objectif immédiat :

- les techniques d'amélioration ne cherchant pas immédiatement la régénération naturelle, c'est l'homogénéisation du peuplement qui sera alors plus facile à régénérer (amélioration des peuplements d'Okoumé au Gabon, uniformisation par le haut et normalisation au Zaïre) ;

- les techniques visant à utiliser immédiatement la régénération naturelle ,(Amélioration des peuplements naturels en Côte d'Ivoire, Tropical Shelterwood System au Nigéria et au Ghana).

Sans entrer ici dans une analyse détaillée, il apparaît que les limites de ces pratiques ont été engendrées par :

- la difficulté d'appliquer et de contrôler systématiquement le bon dosage de la lumière sur les jeunes arbres,

- la dispersion dans l'espace des actions avec, comme corollaire, la prolongation dans le temps des interventions, ce qui conduit à une dilution des efforts humains et financiers.

Les partisans de la régénération artificielle pouvaient alors facilement prétendre à une meilleure efficacité et une plus grande économie par la concentration des opérations sur le terrain avec une durée moindre et un contrôle systématique, donc plus strict et plus aisé. Le choix délibéré du champ d'action et des espèces était également un élément positif.

Il s'agissait ainsi d'aboutir à une forêt nouvelle en remplaçant plus ou moins rapidement et radicalement le peuplement préexistant en régularisant sa structure à l'aide d'une ou deux essences dominantes plantées.

C'est l'évolution des méthodes de substitution d'une forêt naturelle par un peuplement artificiel à haut rendement qui sera examinée ci-après, de l'enrichissement peu intense jusqu'à la substitution complète après défrichement total.

1 -

11 - Les formations végétales

Avant d'entamer une étude, il importe de s'assurer que le langage technique soit compris de tous. Il est donc nécessaire de préciser la terminologie employée ou de se référer à un ensemble de définitions usitées et largement connues. Dans le cas présent, ce sont les formations végétales de l'Afrique tropicale qui nous intéressent. Celles-ci ont été répertoriées et définies lors de la réunion de spécialistes à Yangambi (Zaïre) en 1956.

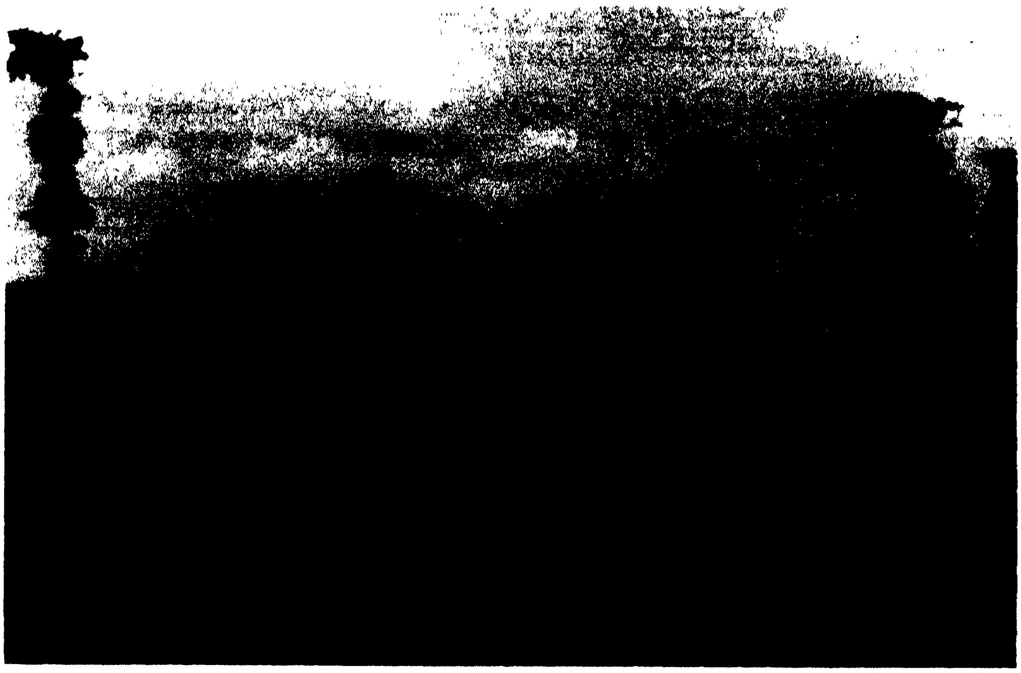
Nous décrirons sommairement les formations concernées par les travaux de plantation entrepris dans les divers pays de l'Afrique de l'Ouest et Centrale (R. LETOUZEY 1969).

Les forêts denses sont des formations forestières fermées, c'est-à-dire que les houppiers des arbres et des arbustes se touchent. L'existence de telles formations est sous la dépendance principale du climat. Elles se répartissent comme suit :

+ Forêt dense humide

"Peuplement fermé avec des arbres et des arbustes atteignant diverses hauteurs ; pas de graminées sur le sol, mais souvent des plantes suffrutescentes et plus rarement des plantes herbacées non graminéennes à larges feuilles".

Le climat est constamment chaud et humide, la température moyenne annuelle varie de 20 à 27°C. Le déficit de saturation annuel est faible, sa valeur mensuelle est peu variable.



Forêt dégradée avant reboisement

On y distingue :

* La forêt dense humide sempervirente, dont la majorité des arbres reste en feuille toute l'année.

  La pluviométrie annuelle cumulée est comprise entre 1 600 et 2.200 mm. La durée de la saison sèche est comprise entre 2 et 4 mois.

* La forêt dense humide semi-décidue dont une grande proportion des arbres perd ses feuilles une partie de l'année. La pluviométrie annuelle est comprise entre 1 200 et 1 600 mm, la saison sèche dure 4 à 6 mois.

+ <u>Forêt dense sèche</u>

  "Peuplement fermé avec des arbres et des arbustes atteignant diverses hauteurs (mais généralement de taille moins élevée que pour les forêts denses humides) ; la plupart des arbres des étages supérieurs perd ses feuilles une partie de l'année (exceptionnellement ils restent sempervirents : forêt sèche sempervirente) ; le sous-bois est formé d'arbustes soit sempervirents, soit décidus et sur le sol se trouvent çà et là des touffes de graminées"

  Le climat se caractérise par 1 à 2 saisons des pluies avec une pluviométrie annuelle P comprise entre 1 000 et 1 600 mm. Il peut y avoir de 4 à 8 mois de saison sèche.

Ces forêts se distinguent également par leur composition floristique

qualitative, mais aussi par des aspects quantitatifs variables eu égard à leur potentiel en essences commerciales.

Les formations végétales ainsi décrites vont constituer le domaine dans lequel se sont concentrées les opérations d'enrichissement artificiel.

Les premiers essais réalisés (vers 1910) ont essentiellement débuté dans les forêts denses humides sempervirentes.

12 - La notion d'enrichissement

Contrairement à ce que pouvaient croire les premiers forestiers abordant la forêt tropicale au début de ce siècle, celle-ci ne contient pas un volume sur pied très important. Il est de l'ordre de 250 à 300 m^3/ha.

Si l'on se réfère au volume purement commercialisable, les chiffres baissent très vite. Ils varient de 5 à 25 m^3/ha en moyenne en fonction du degré d'exploitation de la forêt, de l'intérêt commercial de sa composition spécifique et du diamètre minimum d'exploitation retenu.

Ce dernier a notablement varié au cours du temps. Il concernait un nombre relativement limité d'espèces au début des actions des services forestiers, et pourtant, ceux-ci se sont rapidement préoccupés de la perte de valeur des peuplements et de la nécessité d'y remédier.

Le souci majeur a donc été de définir et de mettre au point des actions sylvicoles propres à augmenter ou au moins maintenir le potentiel bois d'oeuvre d'un peuplement naturel. L'objectif était d'assurer, dans le cadre d'un aménagement forestier, une production soutenue et la plus homogène possible. L'enrichissement devenait l'action salvatrice de la forêt pour laquelle deux options fondamentales se dessinaient, répartissant comme nous l'avons vu les acteurs en partisans de la régénération naturelle d'une part et partisans de la régénération artificielle d'autre part.

Nous n'étudierons ici que les méthodes faisant appel aux plantations de plus ou moins grande envergure.

Les plantations en forêt ou "enrichissement" doivent avoir pour effet d'introduire, par plantation dans un milieu forestier plus ou moins transformé, les essences de valeur qui constitueront, à terme, l'essentiel de la production. Un complément de production sera éventuellement apporté par les essences de valeur, préexistantes ou apparues par régénération naturelle.

Les premières opérations ont été très prudentes pour ne concerner que les quelques essences [Niangon : *Tarrietia utilis*, Sipo : *Entandrophragma utile*, Acajou : *Khaya spp.*, Sapelli : *Entandrophragma cylindricum*, Okoumé : *Aucoumea klaineana*, Iroko : *Chlorophora excelsa]* qui pouvaient en toute sécurité trouver des débouchés sur les marchés d'exportation. L'intention était : "inciter et aider la nature, à hâter son oeuvre".

L'intervention sur la forêt naturelle originelle s'est ensuite intensifiée

pour des raisons commerciales (extension de la gamme d'essences régulièrement exportées) et des raisons sylvicoles (meilleure connaissance du tempérament et des réactions des espèces utilisées).

Les techniques d'enrichissement par plantation peuvent être classées suivant le degré d'intervention et de modification de l'écosystème initial. De l'intervention minimale, dans des layons étroits à grand écartement, perturbant peu le milieu, l'évolution s'est faite vers une destruction progressive de la forêt naturelle préexistante.

Le terme "enrichissement" d'origine prend à la fois un sens plus destructif et plus intensif dans la mesure où il est très difficile, sinon impossible, de transformer l'écosystème forestier en un système plus productif sans avoir recours à des méthodes qui aboutissent à un écosystème totalement nouveau. Il s'agit alors de véritables plantations de conversion.

Le Comité FAO (1969) de la mise en valeur des forêts dans les tropiques a d'ailleurs fait les recommandations de terminologie suivantes :

"- Plantation d'enrichissement : plantation par groupes ou en lignes, à intensité variée, destinée à améliorer le pourcentage des espèces désirables dans les forêts naturelles, sans éliminer les arbres utiles existants. La régénération naturelle forme une part significative de la récolte à la maturité.

- Plantation de conversion : plantation qui vise au remplacement intégral de la végétation naturelle préexistante par une forêt artificielle entièrement nouvelle."



Forêt de Yapo , Okoumé et Niangon en mélange, 25 ans (1963)

2 - EVOLUTION DES METHODES : DE LA PLANTATION D'ENRICHISSEMENT A LA SUBSTITUTION TOTALE

De nombreuses méthodes ont été essayées avec plus ou moins de réussite et ont évolué dans le temps avec, parfois, peu de critères de différenciation, créant des transitions plutôt que des frontières entre elles.

Nous décrirons succinctement ces méthodes dans l'ordre de transformation croissante de la forêt initiale.

21 - La méthode des layons

C'est une méthode extensive se traduisant par un enrichissement assez lâche aboutissant seulement à long terme, deux révolutions au moins, à l'homogénéisation des peuplements.

Elle consiste à ouvrir dans la forêt des layons parallèles et équidistants et à y introduire, à intervalles réguliers des plants d'essences commerciales élevés en pépinière. Il s'agit de faire bénéficier ceux-ci d'un surcroît de lumière tout en les maintenant dans "l'ambiance" forestière:

- au sol, élimination de toute végétation sur une largeur de 2 m,
- mise en place des plants sur une seule ligne aux écartements de 2 m, 2,5 m ou 5 m sur la ligne,
- destruction plus ou moins intense du couvert latéral,
- dégagement précoce pour assurer la survie des plants et éviter les entretiens trop étalés dans le temps.

La distance entre layons a évolué dans le temps pour atteindre 20 à 25 m avec des layons largement dégagés par le haut (8 à 10 m). Parallèlement tous les arbres à couvert épais et bas empêchant le bon éclairement du layon sont annelés.

22 - La méthode des layons modifiés

Dans la méthode précédente, la largeur réduite des layons permet seulement un éclairement relatif de 7 à 8 %. Mais le tempérament des espèces était mal connu au départ de ces actions. Ce n'est que compte tenu des exigences confirmées des essences de lumière mises en place qu'il a fallu :

- limiter la concurrence du sous-bois pour la lumière en élargissant le layon, sans exagération pour n'installer qu'une seule ligne de plants,

- augmenter l'éclairement incident en réduisant, par dévitalisation, (par phytohormones) la hauteur du peuplement entre les layons.

Avec un layon de 5 m de large et une hauteur de peuplement réduite à 15 cm on obtient un éclairement direct de 25 % et un éclairement latéral de

35 - 40 cm, soit, au total, 60 à 65 % d'éclairement relatif.

Le but est de permettre une meilleure croissance initiale des jeunes plants introduits en limitant la concurrence dans le jeune âge.

Dans la pratique la technique est la suivante :

- installation de layons de 5 m de large équidistants de 10 à 20 m selon le taux d'enrichissement choisi,
- dans le layon, abattage manuel à hauteur de genoux de tous les arbres de diamètre inférieur à 15 cm. Ceci permet de conserver une micro-ambiance forestière au niveau du sol tout en assurant une protection contre l'envahissement des essences pionnières indésirables comme le Parasolier (*Musanga cecropioïdes*).
- sur toute l'étendue de la forêt, suppression par abattage ou annélation de tous les arbres d'un diamètre supérieur à 15 cm. Les arbres les plus gros sont souvent annelés ou empoisonnés. Ceux d'un diamètre inférieur à 15 cm perturbent peu l'éclairement latéral.
- plantation dans les layons d'une ligne de plants équidistants de 3 m.
- dégagement manuel des plants (lianes) tout en maintenant le recrû sous leur cime.

Cette méthode permet d'obtenir à terme une cinquantaine d'arbres d'élite à l'hectare avec une bonne croissance, mais moyennant une surveillance permanente et des interventions vigoureuses pour assurer leur protection contre la concurrence naturelle.

23 - La méthode des placeaux

Cette méthode utilisée par les forestiers belges au Zaïre dérive de la technique utilisée par ANDERSON pour reboiser les Landes d'Ecosse.

Cette technique consiste à introduire à forte densité les espèces à régénérer. Les plants sont regroupés en placeaux de même superficie, uniformé- ment répartis sur le terrain avec de grands écartements entre les placeaux. Dans la pratique :

- création de pépinières volantes sous la forêt, pour habituer les plants à croître à l'ombre,

- délimitation de carrés de 4 m de côté équidistants de 10 m de centre à centre dans les quatre directions cardinales,

- dans les carrés, élimination des lianes et du recrû herbacé sans toucher aux arbustes,

- plantation à l'état serré des essences concernées, sous formes diverses; plants, stumps ...

- dès la reprise des plants, élimination progressive des arbustes et, très prudemment, du couvert dominant.

Cette méthode a pour objectif de ne pas perturber le milieu écologique et de recréer immédiatement l'état de massif pour les essences introduites, tout en dispersant les placeaux pour des raisons d'économie.

L'éclairement relatif ainsi obtenu au niveau des jeunes plants ne dépasse guère 5 à 10 %.

24 - La méthode du sous-bois

C'est une méthode basée sur la destruction manuelle mais partielle du couvert au moment de la plantation.

Contrairement à ce que nous verrons plus loin, l'objectif est ici de maintenir, entre les lignes de plantation, l'étage inférieur appelé "sous - bois" pour la mise en place d'espèces ne supportant pas immédiatement la pleine lumière juste après plantation, comme le Sipo (*Entandrophragma utile*) par exemple.

Elle consiste donc à dévitaliser les arbres de l'étage dominant, à ouvrir des layons de plantation et à maintenir entre ces layons une partie du sous-bois qui sera progressivement éliminé selon la croissance des plants mis en place.

25 - Destruction totale et progressive de la forêt par dévitalisation

Il s'agit de détruire la forêt préexistante sans intervention mécanique décapant le sol et favorisant trop rapidement la reprise des essences secondaires héliophiles.

251 La méthode du recrû

Cette méthode consiste à donner aux plants à introduire un maximum de lumière dès la plantation, tout en assurant la protection du sol par le main- tien d'un recrû d'essences d'ombre. Ce recrû couvrant le sol empêche le développement du Parasolier (Musanga cecropioïdes) et autres adventices.

Cette méthode comprend les opérations suivantes :

- abattage manuel, à hauteur de genoux, des arbres de diamètre inférieur à 15-20 cm. Ceux-ci sont laissés sur le parterre de coupe sans brûlis. Leur faible dimension ne nécessite pas de tronçonnage complémentaire ;

- dévitalisation immédiate par phytohormones des arbres ne pouvant être abattus. En fait, ces arbres empoisonnés éliminés progressivement forment un couvert léger dans le jeune âge. Une fois morts,leur chute ne va pas sans occasionner des dégâts notables aux jeunes arbres plantés.

- mise en place des plants équidistants de 4 à 6 m dans des layons étroits réouverts manuellement dans le recrû.

- les entretiens manuels répétés sur 5 à 8 ans selon la croissance des espèces doivent veiller à maintenir le recrû sous la cime des essences nobles en luttant plus particulièrement contre le parasolier.

252 La méthode Martineau (1930-32)

Il s'agit plus ici d'une plantation serrée sous forêt. C'est une introduction prudente d'essences nobles sous un couvert détruit progressivement. C'est une des premières méthodes de plantation en plein conçue pour la forêt dense tropicale africaine, destinée à remplacer la forêt hétérogène par un peuplement équienne d'espèces commerciales.

La technique consiste à :

- détruire manuellement le sous-bois constitué des tiges jusqu'à 10 cm de diamètre ;

- mettre en place 2 500 plants/ha et assurer le dégagement des jeunes plants ;

- détruire progressivement par ceinturage le couvert principal un an, 2 ans et 5 ans après la plantation. Puis assurer l'éclairement complémentaire par passage tous les 5 ans à partir de la 10ème année.

Contrairement à la méthode précédente, il s'agit d'une plantation dense sous couvert avec dégagement progressif après plantation.

26 - Destruction totale de la forêt avant la plantation

Le couvert forestier doit disparaître complètement en une seule opération pour donner immédiatement la pleine lumière aux essences à mettre en place.

261 La méthode "Taungya"

Des parcelles de forêt domaniale sont provisoirement concédées aux cultivateurs pour la mise en place d'une association, plants forestiers - cultures intercalaires.

Le but recherché est d'associer agriculture et forêt. Le paysan bénéficie d'un terrain pendant quelques années. Le forestier diminue ses coûts de création et d'entretien de plantation.

Les distances de plantation dépendent beaucoup du type de culture intercalaire choisie, elles sont en général supérieures à 5 x 5 m.

Les plants mis en place par l'un ou l'autre des partenaires profitent alors de bonnes conditions de croissance pendant les 2 ou 3 années que dure la mise en culture, ensuite le service forestier reprend les actions d'entretien pendant tout le temps nécessaire.

Ce système agro-sylvicole qui privilégie en général la partie forestière est un moyen économique de reboiser des terrains peut-être voués à être détournés, à plus ou moins long terme, du domaine forestier.

En échange de son travail, l'agriculteur peut bénéficier, outre du droit de cultiver et de disposer de sa récolte, d'actions sociales ou de primes d'incitation. Son principal intérêt est l'accès temporaire au domaine forestier où il trouve des terres fertiles. La méthode Taungya a donné de bons résultats dans les zones où une pénurie de terres fertiles s'est instaurée.

262 La méthode "Limba"

Le Limba (*Terminalia superba*) est une essence de pleine lumière qui pousse naturellement bien droit, sans nécessité d'élagage au cours de sa croissance. Il ne s'avère donc pas nécessaire de conserver un recrû d'accompagnement ni d'envisager des plantations trop serrées.

La méthode consiste à détruire totalement la forêt préexistante pour permettre une bonne installation des plants avant la saison sèche. La technique comprend :

- abattage manuel des arbres d'un diamètre inférieur à 30 cm de diamètre,

- ceinturage ou empoisonnement de tous les arbres d'un diamètre supérieur à 30 cm,

- brûlis de tous les rémanents,

- ouverture de lignes de plantation dans les débris végétaux,

- mise en place des plants de Limba en stumps hauts de 1 à 1,50 m. les distances de plantation peuvent être définitives, 12-14 m, ou semi-définitives, 6 x 12 m, si l'on veut assurer une sélection future.



Vieille plantation de framiré (20 ans) à Sangoué

263 Les méthodes basées sur le déforestage mécanisé

La précédente méthode a été adaptée aux plantations d'okoumé (*Aucoumea klaineana*), la seule différence venant de la mécanisation des défrichements.

L'abattage des arbres de diamètre inférieur à 30 cm se réalise au bulldozer dont la puissance est adaptée au type de végétation initiale, les arbres les plus gros sont dévitalisés. Les débris sont andainés et brûlés, les plants mis en place entre les andains. Le choix des distances de plantation est plus varié puisque le terrain est totalement libre. Les entretiens sont importants mais moins vigoureux, compte tenu du décapage initial du sol.

Cette méthode est à présent adaptée à bien d'autres essences telles que les *Terminalia ivorensis* et *T. superba*, le Samba (*Triplochiton scleroxylon*), etc... L'augmentation de la puissance des engins permet actuellement un abattage mécanisé de tous les arbres.

3 - QUELQUES EXEMPLES D'APPLICATION DES METHODES DECRITES

Après l'installation des services forestiers en Afrique de l'ouest, les gestionnaires des ressources ont rapidement mis en évidence les problèmes posés par l'hétérogénéité de composition et de régénération de la forêt tropicale dense africaine. Des opérations d'enrichissement artificiel et d'homogénéisation du milieu ont donc été entreprises dans les divers pays concernés.

31 - Côte d'ivoire

Dès 1930-31 des plantations serrées sous forêt ont été réalisées dans le massif de Yapo, à une cinquantaine de km au Nord d'Abidjan (méthode Martineau).Une superficie de 90 ha a été enrichie avec des petits sauvageons de Niangon (*Tarrietia utilis*) plantés à 2 x 2 m soit 2 500 arbres à l'hectare. Cette essence se trouve tout à fait dans son aire naturelle. D'autres essences ont été également introduites en faible proportion comme l'Acajou (*Khaya ivorensis*), le Dibetou (*Lovoa trichilioïdes*), le Tiama (*Entandrophragma angolense*).

Un examen des parcelles concernées, réalisé en 1985, montre que les résultats ne sont pas spectaculaires, mais relativement satisfaisants. Sur deux parcelles couvrant 23 ha la densité résiduelle des Niangons (*Tarrietia utilis*) est de 90 à 130 pieds à l'ha (diamètre supérieur à 30 cm) ayant un aspect souvent grêle. Suite à des constatations faites au cours de la vie de ces peuplements, il apparaît que :

- Le couvert initial a été définitivement enlevé trop tardivement. A 30 ans, quelques arbres d'essences secondaires dominaient encore le peuplement.

- Les premières éclaircies sont intervenues à un âge avancé du peuplement, 25-30 ans. Ce qui ne permet plus une réaction dynamique des individus subsistants et fragilise ceux-ci vis à vis des intempéries (risque accru de chablis).

- Les entretiens ont été régulièrement effectués durant les 8 premières années et irrégulièrement poursuivis après.

Quelques années plus tard, par souci d'économie entre autres, sont entamées les plantations en layons équidistants de 10 m avec des écartements de 5 m ou 2,5 m sur les lignes de plantation (soit 200 ou 400 plants/ha).

Jusqu'en 1948, les plantations ont bénéficié d'une équidistance des layons de 25 m avec des plants à 2 m ou 2,5 m sur les lignes, soit 160 à 200 plants/ha. Les essences mises en place sont toujours : le Niangon (*Tarrietia utilis*), l'Acajou (*Khaya ivorensis*), le Dibetou (*Lovoa trichilioïdes*) auxquels viennent s'ajouter le Framiré (*Terminalia ivorensis*), et le Bossé (*Guarea cedreta*). Environ 11 000 ha ont été ainsi traités.

Des méthodes mixtes ont été également utilisées pour enrichir des parcelles où la régénération naturelle était jugée insuffisante. Des plantations notamment d'Acajou (*Khaya ivorensis*) sont réalisés à 10 x 5 m avec une certaine souplesse de mise en place faisant bénéficier le plant du meilleur

espace vital tout en réalisant un minimum d'interventions sur la forêt initiale.

La méthode "Taungya" a été utilisée à différentes époques. Elle n'a eu qu'une extension très faible en zone de forêt dense.

Les essences essayées furent le Fraké (*Terminalia superba*), le Framiré (*Terminalia ivorensis*) et le Samba (*Triplochiton scleroxylon*) avec des résultats prometteurs dans un premier temps, mais très inégaux à un âge plus avancé. Les réussites furent meilleures en zone de savane avec, notamment le Teck (*Tectona grandis*), le Gmelina (*Gmelina arborea*), le Cassia (*Cassia siamea*).

Depuis les années 60, la préférence a été donnée aux plantations en plein découvert. Cette technique a été choisie particulièrement pour les essences de lumière comme : Fraké (*Terminalia superba*), Framiré (*Terminalia ivorensis*), Samba (*Triplochiton scleroxylon*), Teck (*Tectona grandis*), Cedro (*Cedrela odorata*), ...

32 - <u>Nigeria</u>

Le souci de la régénération artificielle des forêts denses a précocement saisi les forestiers du Nigeria. Dès 1916, obligation était faite aux exploitants de planter 24 jeunes arbres pour tout adulte abattu ; obligation louable en soi, mais dont le contrôle est difficile de par la dispersion des opérations et les effectifs qu'il nécessite. La défense systématique de ces plants contre la végétation naturelle n'a pu être totalement maîtrisée et peu de traces sont restées.

La méthode des layons a ensuite été utilisée dans les années trente, mais avec peu de variations dans les dispositifs et, surtout, des entretiens et des dosages d'éclairement peu suivis. Il a donc été impossible d'en tirer des conclusions intéressantes.

Plus tard, vers les années 50, la méthode Taungya a été utilisée en grand, aussi bien pour les essences à courte révolution comme *Cassia siamea, Eucalyptus spp.* que pour les essences plus longévives comme le Teck (*Tectona grandis*), les *Terminalia spp*, le Bilinga (*Nauclea trilesii*).

Les plantations ont été faites en peuplements mélangés ou purs.

Dans les premiers on introduisait ponctuellement des essences tolérant un ombrage l'Acajou* essentiellement ; l'équidistance choisie était de 4 m pour des plants en stumps courts ou, parfois, des striplings (plants entiers sur lesquels on ne laisse que les deux feuilles terminales).

* L'Acajou (*Khaya ivorensis, Khaya anthotheca* et *K. grandifolia*) supporte la pleine lumière et il a alors une croissance nettement supérieure.

Dans les peuplements purs les écartements devenaient 6 x 6 m surtout pour l'introduction de Bilinga et de Terminalia sp. Un entretien généralisé est effectué la 2ème année, et, jusqu'à la 6ème année, seul un dégagement au niveau du plant est entrepris.

Une éclaircie est prévue la 11ème année ou plus tôt, si nécessaire.

Actuellement, les plantations nécessaires à la reconstitution des forêts détruites sont faites en pleine lumière sur des défrichements totaux et des sols préparés mécaniquement.

33 - Cameroun

Les enrichissements artificiels y ont été démarrés très tôt ; notamment dans les forêts de Mbalmayo et les réserves de Makak-Nyong. Ils ont été poursuivis dans d'autres régions.

Dans la forêt de Mbalmayo, la méthode des layons a été employée dès 1932 pour des essences comme l'Ayous (ou Samba : *Triplochiton scleroxylon*), l'Acajou (*Khaya ivorensis*), le Sapelli (*Entandrophragma cylindricum*), le Bibolo (ou Dibetou : Lovoa trichilioïdes), etc...

A l'âge de 18 ans ne subsistaient que 48 % des tiges mises en place, mais avec un complément non négligeable de régénération naturelle qui faisait alors monter à 75 % le pourcentage d'arbres intéressants par rapport au nombre de plants installés artificiellement. Ce complément a d'ailleurs amené les services forestiers à changer de méthode d'enrichissement en favorisant plutôt la régénération naturelle. Celle-ci fut suivie sur des parcelles d'un hectare conjointement avec une mise en culture surveillée. Ces parcelles regroupées en canton de 100 à 300 ha étaient délimitées par des layons dans lesquels étaient plantés des Acajous (*Khaya ivorensis*), Sapelli (*Entandrophragma cylindricum*) et Bibolo (*Lovoa trichilioïdes*).

Dans la réserve de Makak-Nyong, 2 500 ha ont été plantés entre 1932 et 1949 ; les espèces utilisées sont : Sapelli (*Entandrophragma cylindricum*), Acajou (*Khaya ivorensis*), Bibolo (*Lovoa trichilioïdes*), Iroko (*Milicia excelsa*), Bossé (*Guarea cedrata*), Ayous (*Triplochiton scleroxylon*), Kosipo (*Entandrophragma candollei*), etc...

Là encore la méthode des layons n'a pas été très favorable aux essences strictement héliophiles. Par ordre décroissant les meilleures réussites ont été enregistrées pour les Acajous (*Khaya spp.*), le Dibétou (*Lovoa trichilioïdes*) et le Sapelli (*Entandrophragma cylindricum*).

Dans la zone du Sud Cameroun côtier des plantations d'Okoumé ont été réalisées par analogie avec les programmes d'enrichissement du pays

voisin, le Gabon.

La méthode des grands layons a encore été utilisée à titre expérimental vers 1975 dans la forêt semi-décidue de l'Est (Belabo) et la forêt dense du littoral. Des layons de 5 m de large, espacés de 15 à 20 m étaient plantés avec écartement de 3 m sur la ligne. Le sous bois est rabattu à hauteur de genoux et tous les arbres d'un diamètre supérieur à 20 cm sont ceinturés ou empoisonnés.

Les essences mises en place sont : *Terminalia ivorensis* et *T. superba, Entandrophragma cylindricum, E. utile, Khaya ivorensis, Triplochiton scleroxylon, Tarrietia utilis, Afzelia africana, Lovoa trichilioides*, etc...

Dans ce pays le Limba (*Terminalia superba*) a très tôt fait l'objet d'une attention particulière compte tenu de sa rapidité de croissance et la qualité de son bois.

En 1937 des placettes en plantations serrées ont été mis en place pour servir d'arboreta.

Des plantations en layon ont été ensuite entreprises plaçant les plants à des écartements de 10 x 5 m. Ces premières expériences ont montré que le Limba ne nécessitait aucun accompagnement pour pousser droit et pour s'élaguer seul. Au début des années cinquante, il a donc été décidé de le planter aux écartements définitifs de 12 x 12 m ou 12 x 14 m.

Essence de lumière, le Limba demande un total découvert. Celui-ci était obtenu en deux temps :

- Le terrain choisi, déjà fortement exploité, est totalement débroussaillé dans un layon largement ouvert ;

- des stumps hauts sont mis en place ;

- l'année suivante les arbres du couvert supérieur sont ceinturés

- puis les dégagements sont entrepris dans les layons pour éviter le surcimage des plants et l'envahissement par les lianes, cinq interventions la première année, trois ou quatre la seconde. Cette méthode a été ensuite remplacée par des plantations en pleine lumière avec mécanisation des opérations de déforestage et de préparation du sol.

35 - Ghana

La méthode des layons a également été utilisée dans des forêts denses sempervirentes, là où l'exploitation forestière très poussée ne laissait plus d'espoir à la régénération naturelle.

Des layons larges de 1,80 m et équidistants de 20 m sont ouverts, les lianes sont éliminées sur 5 m de chaque côté du layon. Le couvert est progressivement diminué par empoisonnement, suffisamment pour éclairer les plants sans trop risquer de provoquer le développement des lianes par excès de lumière. Les plants sont à un écartement de 5 m et ont une hauteur minimale de 1 m pour éviter les dégâts du gibier. On a surtout mis en place des Acajous (*Khaya ivorensis*), Sapelli (*Entandrophragma cylindricum*), Tiama (*Entandrophragma angolense*), Niangon (*Tarrietia utilis*), etc... Pour les Acajous, entre autres, les résultats ont été meilleurs qu'avec des plantations serrées.

Des plantations en bloc ont été également réalisées avec du Framiré (*Terminalia ivorensis*) et du Niangon (*Tarrietia utilis*) avec des écartements de 5 x 6 m. Vers la fin des années soixante de grandes superficies ont été enrichies, dont la moitié environ par la méthode taungya et l'autre moitié par la méthode du recrû, avec, notamment, des essences comme le Samba (*Triplochiton scleroxylon*), le Framiré (*Terminalia ivorensis*), le Teck (*Tectona grandis*), le Cedrela (*Cedrela odorata*), etc...

36 - Zaïre

Il faut distinguer pour ce pays les méthodes qui ont été appliquées dans le cadre de programmes extensifs et les expérimentations. En effet, l'activité des chercheurs belges principalement sur la station de Yangambi, a été très importante avant l'indépendance du Zaïre. De nombreuses techniques ont été expérimentées, parmi lesquelles peuvent être citées :

L'enrichissement par uniformisation par le bas

Cette méthode est une application particulière du système sylvo-agricole et diffère de la méthode taungya par le repérage et la préservation lors de la mise en culture (essentiellement banane au départ, dérivant sur café, cacao ensuite) des jeunes plants d'essences précieuses et, simultanément, la plantation d'une centaine de *Terminalia superba* à l'hectare. Le peuplement issu de cette méthode devrait être une forêt secondaire hétérogène dont l'étage dominant devrait comporter outre les *Terminalia superba*, les essences précieuses épargnées lors de la mise en culture, et les essences commerciales intéressantes issues de régénération naturelle.

En l'absence de recrû d'essences précieuses, la méthode sylvobananière simple était appliquée. Après défrichement, sans brûlis en général, le Limba était planté à un écartement de 6 m x 12 m avec une culture de banane intercalaire. La présence agricole devait se limiter à 5 ou 7 ans.

Elle a souvent été prolongée avec des cultures pérennes de café et cacao que l'on retrouve encore aujourd'hui. Ces plantations de Limba ont rarement été éclaircies et commencent à être exploitées à l'âge de 40-45 ans, lorsque le diamètre moyen atteint 60 cm.

L'enrichissement en layons

Il a également été expérimenté avec diverses intensités. L'expérience a montré que cette méthode était mieux adaptée à l'enrichissement de formations assez ouvertes ou même de jachères plutôt qu'à celui de forêts constituées, non ou peu exploitées. Les essences de lumière à croissance rapide, développant une forme normale même à l'état isolé (*Terminalia spp.* par exemple), ont donné de bons résultats avec cette méthode. Des programmes restreints de plantations en layons ont été repris en 1987-89 dans les réserves forestières du Mayumbe.

Les réussites sont très limitées compte tenu de l'absence de moyens nécessaires aux soins sylvicoles intensifs.

Plantations en larges bandes

Des bandes de 10 m de large, de 25 à 50 m de long sont disposées tous les 50 m (10 ares par hectare) et plantées d'une essence principale (*Entandrophragma, Autranella*) et d'essences d'accompagnement, à des écartements allant de 4 x 4 m, 2 x 2 à 1 x 1 m.

Semis directs en bandes étroites après soutrage

Il s'agit d'un nettoyage minutieux de bandes larges de 2 m, équidistantes de 20 m et débarrassées du fouillis radiculaire naturel. Elles sont ensemencées à raison de 6 graines par m^2 tous les 2 m (*Entandrophragma spp., Milicia excelsa, Tarrieta utilis, Ceiba spp., Khaya spp.*) Les réussites d'installation sont variables suivant les espèces. La croissance est assez comparable à celle obtenue en layons, mais le semis permet une densité plus forte et la forme est un peu meilleure que par plantation , les possibilités de recrutement en bois de qualité et la latitude de sélection par éclaircie sont plus grandes.

La méthode des placeaux

A l'origine, la méthode inspirée des placeaux d'Anderson consistait en de grands placeaux de un à plusieurs ares installés sous parasoleraie (ancienne friche) dont le sous bois était dégagé et les plants introduits à des écartements variant de 4 x 4 m à 1 x 1 m. Les résultats obtenus surtout avec les parcelles à 1 x 1 m ou même 2 x 2 m, ont conduit les forestiers belges à élaborer la méthode des placeaux denses espacés (E. MAUDOUX. 1958). Cette

méthode tentait de combiner les avantages biologiques des plantations denses à faibles écartements avec les frais réduits des méthodes extensives d'enrichissement. Il s'agissait de planter ou de semer des petits groupes de plants à faible écartement, les groupes étant largement espacés sur la superficie à enrichir. Ce principe a été adapté à différents milieux et a donné de bons résultats en milieu ouvert (landes, savanes ouvertes, terrains déforestés) mais il s'est heurté en forêt dense aux mêmes difficultés d'ouverture du couvert, de contrôle du recrû et d'entretien des plants que dans la méthode des layons, avec l'inconvénient supplémentaire de la dispersion des placeaux qui en rendait plus difficile l'accès.

Enrichissement sur coupe à blanc étoc

Cette méthode est réservée aux zones exploitées totalement pour le bois de feu ou le bois d'industrie. Il s'agissait d'enrichir la jachère forestière en essences de valeur par plantation à écartement régulier 10 x 10 m ou 15 x 10 m d'essences héliophiles : *Terminalia superba, Milicia (Chlorophora) excelsa,* ... L'espoir était que le recrû conduirait les plants de valeur introduits. Là encore, des difficultés de contrôle de ce recrû et d'entretien des plants introduits sont apparues.

En conclusion, de toutes ces méthodes expérimentées seules les deux premières : l'"uniformisation par le bas" ou "méthode Limba" et l'"enrichissement en layons" ont été appliquées avec une certaine ampleur, surtout au Mayumbe, puis ont été abandonnées pour des raisons historiques. Il n'a pas été possible d'obtenir des informations récentes sur leurs résultats.

37 - Autres pays : Guinée, Sierra Leone, Libéria ...

Les autres pays de la zone (Afrique occidentale) ont appliqué à une échelle relativement modeste les techniques expérimentées ou mises au point ailleurs.

En Guinée, des enrichissements en layons ont été réalisés dans plusieurs forêts classées, mais ni l'ampleur de ces plantations, ni leurs résultats n'ont pu être précisés.

En Sierra Leone, les différentes techniques d'amélioration des peuplements naturels ont été utilisées. D'une part les techniques favorisant la régénération naturelle, comme le Tropical Shelterwood System (TSS) utilisé également au Nigéria et au Ghana, ont été appliquées au rythme de plusieurs centaines d'hectares chaque année et les surfaces ainsi traitées atteignaient près de 4 000 ha à la fin des années cinquante. D'autre part, les méthodes faisant appel aux plantations proprement dites couvraient environ 5 000 ha en 1960, mais les statistiques ne séparent pas les plantations intensives, la méthode taungya, les plantations sous couvert et les plantations en layons. Les

résultats de ces réalisations ne sont pas connus. Cependant les méthodes trop extensives et, notamment, les enrichissements en layons ont été abandonnés au début des années soixante en raison de la forte pression agricole sur les terres.

Enfin, au Libéria à l'exception de quelques essais, aucun système d'amélioration ou d'enrichissement des forêts naturelles n'a été mis en oeuvre. Fin 1977 les réalisations du Forestry Development Authority couvraient 5 500 ha de plantations (pins, teck, gmelina ...).

4 - LES DONNEES ACQUISES

41 - Le facteur lumière

Dans le milieu forestier qui nous intéresse ici, il est vite apparu que le facteur limitant de la croissance des jeunes arbres était la lumière. Il est vrai que l'ambiance forestière ne mettait pas ce fait en évidence et d'ailleurs, A. AUBREVILLE avait noté "La croissance dépend dans une mesure très grande de la quantité de lumière que peut recevoir la cime. Personne ne pouvait en douter évidemment, mais dans le milieu constamment humide et chaud de la forêt équatoriale, il semblait que les végétaux pouvaient se développer même si la luminosité était médiocre."

La méconnaissance, à l'origine, du tempérament des essences commercialement intéressantes n'avait pas permis de mettre en évidence la prépondérance de la lumière. Les recherches et l'évolution des techniques sylvicoles ont bien montré que les réussites dépendaient essentiellement d'un bon dosage de la lumière, notamment dans le jeune âge.

Mais si la lumière favorise la croissance des essences introduites, elle a également une action dynamisante sur tout un ensemble d'espèces envahissantes dont le développement est lui, par contre, très néfaste pour les jeunes plants. Les espèces pionnières particulièrement agressives, comme le parasolier, ont tendance à occuper rapidement l'espace découvert.

Le suivi du jeune plant nécessite donc un bon équilibre entre le dosage de la lumière et le maintien "à distance" de la végétation naturelle.

42 - Le choix des essences

Les premières actions d'enrichissement se sont effectuées à une époque où le nombre d'essences commercialement intéressantes, c'est-à-dire faisant l'objet d'un marché permanent, était restreint. La priorité devait donc être donnée à celles-ci pour enrichir des forêts qui les avaient vu naître mais très appauvries par une exploitation intensive ou pour valoriser des peuplements où elles étaient absentes, comme les Acajous (*Khaya spp.*), le Niangon, (*Tarrietia utilis*), le Sipo (*Entandrophragma utile*), le Sapelli

(*Entandrophragma cylindricum*).

Puis deux facteurs ont élargi le choix, d'une part l'augmentation du nombre des espèces commerciales et d'autre part la prise de conscience par les forestiers de la nécessité d'utiliser des essences de lumière pour leurs opérations de plantations artificielles. Sont apparus alors les *Terminalia spp.*, le Teck, le Gmelina, etc... Néanmoins, priorité est restée aux essences commerciales de valeur qui, même si elles subsistent en petit nombre après une sélection sévère, souvent plus naturelle que par intervention de l'homme, valorisent très nettement l'hectare planté.

Avec un couvert encore relatif, l'introduction des Acajous, Niangon, Dibétou, Tiama, Sapelli, Sipo, Samba a donc été poursuivie. Le dégagement progressif jusqu'au découvert total a permis d'introduire des essences plus héliophiles comme les *Terminalia spp.* et l'Okoumé.

La substitution totale a conduit également à introduire des essences à croissance rapide, pour un bois d'oeuvre de qualité secondaire, mais dont les rotations sont courtes. C'est le cas des pins (*Pinus caribaea*), Gmelina et Eucalyptus dont la vocation première de bois d'industrie ou d'énergie peut évoluer en faveur du bois d'oeuvre.

L'utilisation de la méthode Taungya a également permis de planter en plein découvert et sans concurrence des essences comme les Terminalia, Samba, Cassia, Teck, Gmelina, ...

43 - Les résultats

Les plants qui ont survécu dans les différents essais sont ceux qui ont bénéficié d'une meilleure mise en lumière et de dégagements intensifs contre la végétation naturelle.

D'une manière générale les opérations d'enrichissement ne sont pas une totale réussite. Les premières plantations dans les layons ont souffert d'un couvert trop important et d'une concurrence serrée du sous bois et du recrû. Mais lorsque les layons ont été élargis, la compétition, des lianes notamment, est devenue vive. Le nombre d'interventions en entretien et en dégagement est devenu élevé et répétitif. Plus la lumière est donnée aux plants introduits, plus il faut surveiller le développement de la végétation concurrente potentielle (qui plus est dans la méthode du recrû, où la végétation d'accompagnement ne devait jamais prendre le dessus).

Les succès des différentes méthodes ont donc surtout été conditionnés par la persévérance des sylviculteurs à protéger les essences plantées, mais celle-ci a bien souvent été freinée par l'absence de moyens en personnel et en argent. Ceci démontre les limites de cette technique qui, eu égard au traitement extensif des forêts, devrait être applicable sur de grandes superficies avec un investissement financier matériel et humain très faible par unité de surface. Elle est devenue paradoxalement presque aussi coûteuse qu'une plantation intensive concentrant une forte productivité sur une faible

surface.

Par ailleurs la période du second conflit mondial a vu l'interruption de beaucoup d'actions et d'investissements dans le domaine forestier, suivie d'une désorganisation des services. La nature a donc laissé libre cours à la compétition spontanée qui a rarement été favorable aux essences introduites, sauf les plus pionnières comme l'Okoumé ou les *Terminalia spp.* qui ont pu s'affranchir du recrû grâce à une forte croissance initiale.

On pourrait ainsi croire que la méthode Taungya puisse être la plus efficace puisqu'elle fait appel à un défrichement quasi total et à un entretien permanent et total pour assurer la survie des cultures associées. Mais cette méthode, qui est toujours restée contraignante pour le paysan africain, n'a pas eu le développement souhaité. Elle a été surtout utilisée dans les zones de forêts claires et de savanes pour des raisons diverses :d'approche, de facilité du défrichement et surtout de manque de terre disponible. Elle a donné naissance à de beaux peuplements de Teck, Gmelina et autres en Côte d'Ivoire, au Nigéria, etc...

Les méthodes extensives permettaient le traitement annuel de grandes surfaces. Toutefois, le volume des entretiens devenait à terme si important qu'il était incompatible avec les moyens disponibles. Par ailleurs, l'enrichissement repose sur la volonté de maintenir une structure hétérogène du peuplement en conservant une partie de la forêt naturelle. La gestion sylvicole des peuplements plurispécifiques ainsi constitués est fort complexe et malaisée.

On comprend pourquoi les techniques d'enrichissement ont évolué vers des plantations de conversion, définitivement réalisées sur des terrains totalement défrichés. La forêt naturelle hétérogène est alors remplacée par un peuplement monospécifique équienne à haute productivité.

Le principal résultat de ces expérimentations est la mise en évidence des facteurs limitant ces techniques :

- coûts en moyens techniques, humains et financiers incompatibles avec le traitement extensif de grandes surfaces,

- durée du suivi et des travaux qui nécessitent une surveillance et interventions répétées sur une longue période,

- évolution économique et démographique des pays tropicaux africains inter disant l'immobilisation de surfaces importantes pour une très faible productivité. Les forêts sont soumises à d'intenses défrichements par une population paysanne en croissance exponentielle.

Il est à noter à ce propos qu'une grande partie des réalisations anciennes a disparu avant l'âge d'exploitabilité, du fait des défrichements agricoles.

DEUXIEME PARTIE

TECHNIQUES RECENTES ET ORIENTATIONS

LE REBOISEMENT EN PLEIN DECOUVERT

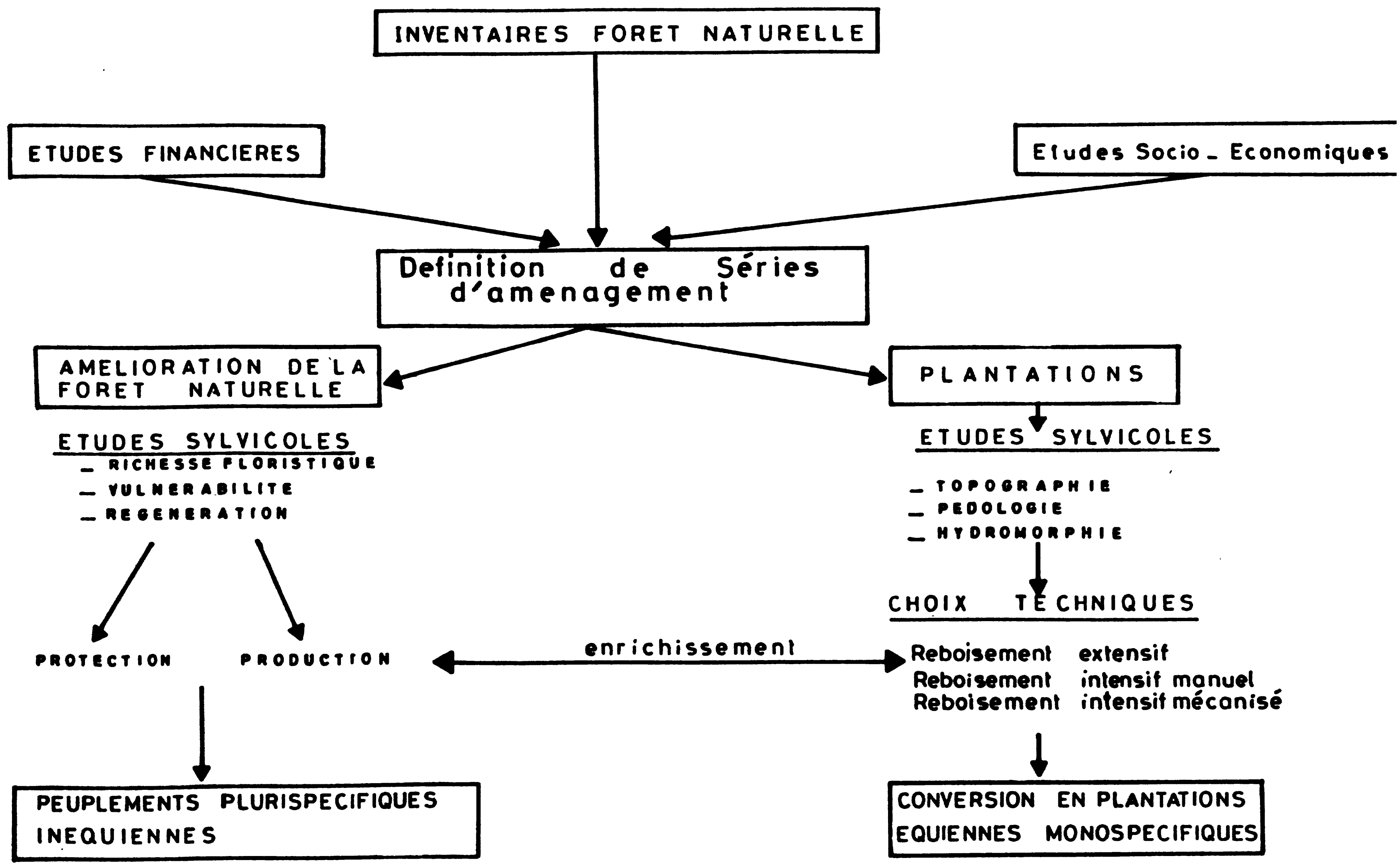
Les difficultés techniques et économiques mises en évidence par toutes les opérations d'enrichissement ont amené les forestiers à leur préférer la substitution totale.

La réflexion sur l'évolution des besoins en matière première (tant pour le bois d'oeuvre que pour le bois d'industrie et d'énergie d'ailleurs) a conduit les responsables à intensifier la reconstitution ou la création de sources d'approvisionnement. L'objectif est devenu la recherche d'une rentabilité optimum à l'unité de surface, d'où la nécessité de concentrer, dans l'espace et dans le temps, les investissements.

La méthode à pratiquer impliquait immanquablement la disparition totale de la formation préexistante à l'aide d'un défrichement mécanisé suivi d'une plantation plus ou moins dense autorisant également l'intervention ultérieure de la machine pour les entretiens. Cette technique a l'avantage d'être transposable à tous les sites, moyennant un choix cohérent des terrains et des essences.

L'extension de ces écosystèmes nouveaux, le plus souvent monospécifiques, a progressé avec la modernisation du matériel mécanique mais aussi avec la pression démographique sur la forêt naturelle. L'accroissement des besoins en terres agricoles accentue la disparition des forêts naturelles, en raccourcissant notamment le temps de jachère entre les mises en culture d'un même site. Cette compétition pour l'occupation des sols implique une limitation des zones de production de bois avec une nécessaire intensification de la régénération artificielle.

En Afrique de l'Ouest, la Côte d'Ivoire est un des pays qui a le plus souffert de la dégradation de son patrimoine forestier par appauvrissement et disparition. On parlait, en 1986, de la destruction de 300 à 400 000 hectares de forêt productive par an. Les actions de reboisement y sont donc anciennes. Les premières plantations sur défrichement total mécanisé ont démarré en 1965. Le défrichement total au bouteur avec andainage des rémanents est adopté définitivement pour le Teck dès 1968 et pour les autres espèces (Framiré, Fraké, Samba, etc, ...) à partir de 1977. L'expérience a permis de faire évoluer les techniques tant au niveau de la préparation des sols que de celle des plants. Des actions d'envergure ont également été entreprises notamment dans d'autres pays comme le Nigéria, le Gabon et le Congo par exemple.



INVENTAIRES FORET NATURELLE
ETUDES FINANCIERES
Etudes Socio _ Economiques
Definition de Séries d'amenagement
AMELIORATION DE LA FORET NATURELLE
PLANTATIONS
ETUDES SYLVICOLES
_ RICHESSE FLORISTIQUE
_ VULNERABILITE
_ REGENERATION
ETUDES SYLVICOLES
_ TOPOGRAPHIE
_ PEDOLOGIE
_ HYDROMORPHIE
CHOIX TECHNIQUES
PROTECTION
PRODUCTION
enrichissement
Reboisement extensif
Reboisement intensif manuel
Reboisement intensif mécanisé
PEUPLEMENTS PLURISPECIFIQUES INEQUIENNES
CONVERSION EN PLANTATIONS EQUIENNES MONOSPECIFIQUES

Cette deuxième partie a pour objectif de passer rapidement en revue les principes de base concernant les techniques les plus répandues pour l'établissement de reboisements industriels . Des études et des ouvrages plus spécialisés, comme le "Mémento du Forestier" par exemple, fournissent de leur côté les détails, spécifications et techniques pour toutes les phases de mise en place d'un peuplement.

1 - TECHNIQUES SYLVICOLES

Dans le milieu de la forêt dense humide, le facteur principal à maîtriser, en plantation, est le facteur lumière. Mais ce problème disparaît si l'on choisit d'installer une essence héliophile sur un terrain totalement débarrassé de sa végétation initiale.

11 - Choix des terrains

En théorie, le choix du terrain à reboiser doit être en harmonie parfaite avec les exigences des essences à mettre en place. Mais, en réalité, ce choix est soumis à plusieurs types de critères : techniques, juridiques, socio-culturels et politiques.

Les conditions physiques d'installation (relief, pédologie, pluviométrie ...) constituent la base de toute décision. Nous les verrons plus en détail dans l'étude des principales essences retenues pour les plantations à vocation de production de bois d'oeuvre. Néanmoins ces bases sont souvent associées à des problèmes fonciers, sociaux et politiques et, parfois même, dépassées par ceux-ci.

Dans le cas de reboisements industriels mécanisés, il est certain qu'une vaste superficie est nécessaire (quelques centaines d'hectares au minimum), pour rentabiliser les investissements. Afin d'éviter des déboires, connus par le passé, il faut veiller à ne pas utiliser dans ce cas une seule et même essence. Chaque élément de terrain homogène doit se voir affecter un nouvel "hôte" adéquat.

La préparation d'un projet de reboisement pour des essences à révolution moyenne ou longue doit initialement faire la synthèse de toutes les contraintes. Les décisions politiques souvent initiatrices du projet doivent néanmoins aboutir à une adéquation essence-milieu, sachant que la durée d'occupation des sols sera longue et que la compétition pour la terre reste vive.

D'un point de vue plus technique il faut rappeler qu'avant d'entreprendre une action de reboisement il faut essayer d'évaluer le milieu de croissance du futur peuplement et tendre à conserver voire à améliorer les

caractéristiques des stations concernées.

111 - Quel site affecter au reboisement de production ?

La décision d'affecter un site donné pour des opérations de reboisement intensif repose sur différents paramètres (DUPUY, 1987):

- La richesse des formations naturelles. S'il existe des forêts naturelles suffisamment riches en essences de valeur, la possibilité de les aménager doit être envisagée en priorité.
- La vulnérabilité de la zone. Dans les zones écologiquement fragiles il faut éviter d'intervenir brutalement et privilégier l'aménagement des formations naturelles ou des méthodes de reboisement non mécanisées.
- Les sites à reboiser doivent être facilement accessibles pour pouvoir y intervenir rapidement, en toute saison et évacuer les bois.
- La fertilité des sols doit permettre un développement harmonieux des peuplements.

CARACTERISTIQUE DU SITE	AFFECTATION
- Peuplement forestier préexistant riche - Site vulnérable ou non - Fertilité médiocre	Aménagement des peuplements naturels
- Peuplement forestier préexistant pauvre - Site vulnérable mais accessible - Fertilité moyenne à bonne	Reboisement de production Méthodes manuelles intensives
- Peuplement forestier préexistant pauvre - site non vulnérable et accessible - Fertilité moyenne à bonne	Reboisement de production Méthodes mécanisées intensives
- Peuplement forestier préexistant pauvre - Site vulnérable - Fertilité médiocre - Accessibilité médiocre	Aménagement avec éventuellement reboisement de protection par méthodes extensives, reboisement de protection par méthodes extensive

112 - Critères de choix des sites de reboisement intensif

* Les stations à reboiser doivent présenter des caractéristiques climatiques, topographiques et édaphiques propres à favoriser une croissance satisfaisante des arbres. Il faut éviter d'investir, ou diminuer l'investissement, dans les stations où existe un facteur limitant pour la croissance du peuplement.

* L'accessibilité de la zone plantée est un paramètre non négligeable, non seulement pour la réalisation des reboisements, mais aussi pour leur suivi sylvicole (entretiens, éclaircies, protection contre les incendies ...) et la mobilisation des produits récoltés.

Les sites peu accessibles (fortes pentes, bas-fonds ...) exigent des travaux de préparation du terrain importants ou difficiles à mettre en oeuvre, souvent peu compatibles avec un objectif de production.

* Des conditions édaphiques correctes sont nécessaires pour la réussite des plantations. Les sols superficiels, à texture déséquilibrée et chimiquement pauvres sont à éviter. Il en est de même pour les sols hydromorphes.

Le reboisement intensif de type mécanisé doit être réservé en priorité aux zones à faible pente avec des sols favorables (profondeur, caractéristiques physiques, bilan hydrique ...) ne présentant plus de formations naturelles justifiables d'un aménagement.

* En toute logique, il est préférable de concentrer les investissements sur les stations les plus fertiles. Les coûts de mise en place étant élevés il faut viser la rentabilité maximum. Un bon compromis entre production matière et valeur économique du produit doit être recherché. Une station fertile permet une meilleure production dans un délai court avec un matériel végétal amélioré.

Lorsqu'un périmètre a été identifié pour le reboisement, il est nécessaire d'évaluer sommairement les différentes zones qui le composent. La généralisation du défrichement mécanisé est un impératif qui ne doit pas faire oublier la nécessité d'adapter parfois cette méthode aux réalités du terrain.

Les paramètres élémentaires à considérer sont :
- la pente,
- la profondeur du sol,
- la texture du sol.

La pente

Il est difficile de fixer un seuil précis à partir duquel les risques d'érosion sont importants, car ils sont le résultat de nombreux paramètres (intensité des pluies, sol, longueur de pente ...). Au-delà de 15 % de pente le défrichement mécanisé est à exclure.

D'une manière générale, sur terrain déclive il est nécessaire d'orienter les andains perpendiculairement à la pente (si le défrichement est mécanisé) pour limiter l'érosion.

La profondeur utile du sol

L'arbre pour se développer harmonieusement doit pouvoir disposer d'une profondeur utile de sol suffisante permettant l'installation d'un système racinaire équilibré.

Le long des pentes les sols sont rarement homogènes, en particulier il n'est pas rare de rencontrer :

- des sols peu profonds caractérisés par l'existence d'horizons superficiels indurés (carapace, cuirasse) ;

- des sols fortement gravillonnaires et très percolants sur les buttes et les plateaux ;

- des sols hydromorphes avec une nappe asphyxiante présente pendant plusieurs mois à moins de 50 cm de la surface dans les bas-fonds et zones inondables.

Ces sols peu fertiles sont facilement identifiables et souvent liés à une position topographique particulière. Le reboiseur doit y adapter ses techniques de préparation du terrain et de reboisement si son intervention est indispensable :

- sous-solage des sols à horizons indurés,
- drainage des zones mouilleuses...

Il faut toutefois se souvenir que ces méthodes sont coûteuses et à n'utiliser qu'avec discernement.

L'existence d'un horizon gravillonnaire peut affecter la fertilité d'un sol.

La présence d'éléments grossiers influence les caractéristiques physiques des sols en augmentant notamment la macroporosité.

Les paramètres à considérer sont :

- le pourcentage d'éléments grossiers,
- l'épaisseur de l'horizon gravillonnaire,
- la position de l'horizon gravillonnaire.

Au-delà de 30-40 % d'éléments grossiers, il est important de prendre en considération l'épaisseur de l'horizon gravillonnaire. Si celle-ci excède 30 - 40 cm avec un taux d'éléments grossiers supérieur à 50 %, la fertilité du sol est faible.

L'influence négative d'un horizon gravillonnaire est atténuée s'il est surmonté par des horizons dépourvus d'éléments grossiers et à texture équilibrée sur une épaisseur de 40-50 cm au moins.

La texture du sol

Certains sols sont particulièrement vulnérables, car leur texture est déséquilibrée ; il s'agit des sols sableux et des sols argileux.

- Les sols sableux sont très perméables souvent fortement lessivés et appauvris en matières organiques et minérales. Leur capacité de rétention en eau est faible. L'horizon superficiel légèrement humifère ne doit sur aucun prétexte être décapé lors du reboisement.

- Les sols argileux sont souvent asphyxiants et propices aux phénomènes de tassement. Le dessouchage mécanisé et le passage répété d'engins est déconseillé.

Ces paramètres ne doivent pas être considérés isolément car ils peuvent se corriger mutuellement. La présence d'éléments grossiers dans des horizons argileux améliore leur perméabilité. Un horizon argileux intercalé entre des horizons sableux ralentit la percolation des eaux. La présence d'une nappe d'eau à moyenne profondeur peut être favorable sur sol sableux et défavorable sur sol argileux ...

La fertilité du sol

Elle est fonction d'une combinaison des précédents facteurs à laquelle vient s'ajouter la composition chimique, elle-même en relation étroite avec la roche-mère. Certains facteurs limitatifs peuvent à ce niveau apparaître, comme : le pH, la salinité, la présence de calcaire, etc... Ils orienteront alors le choix des essences.

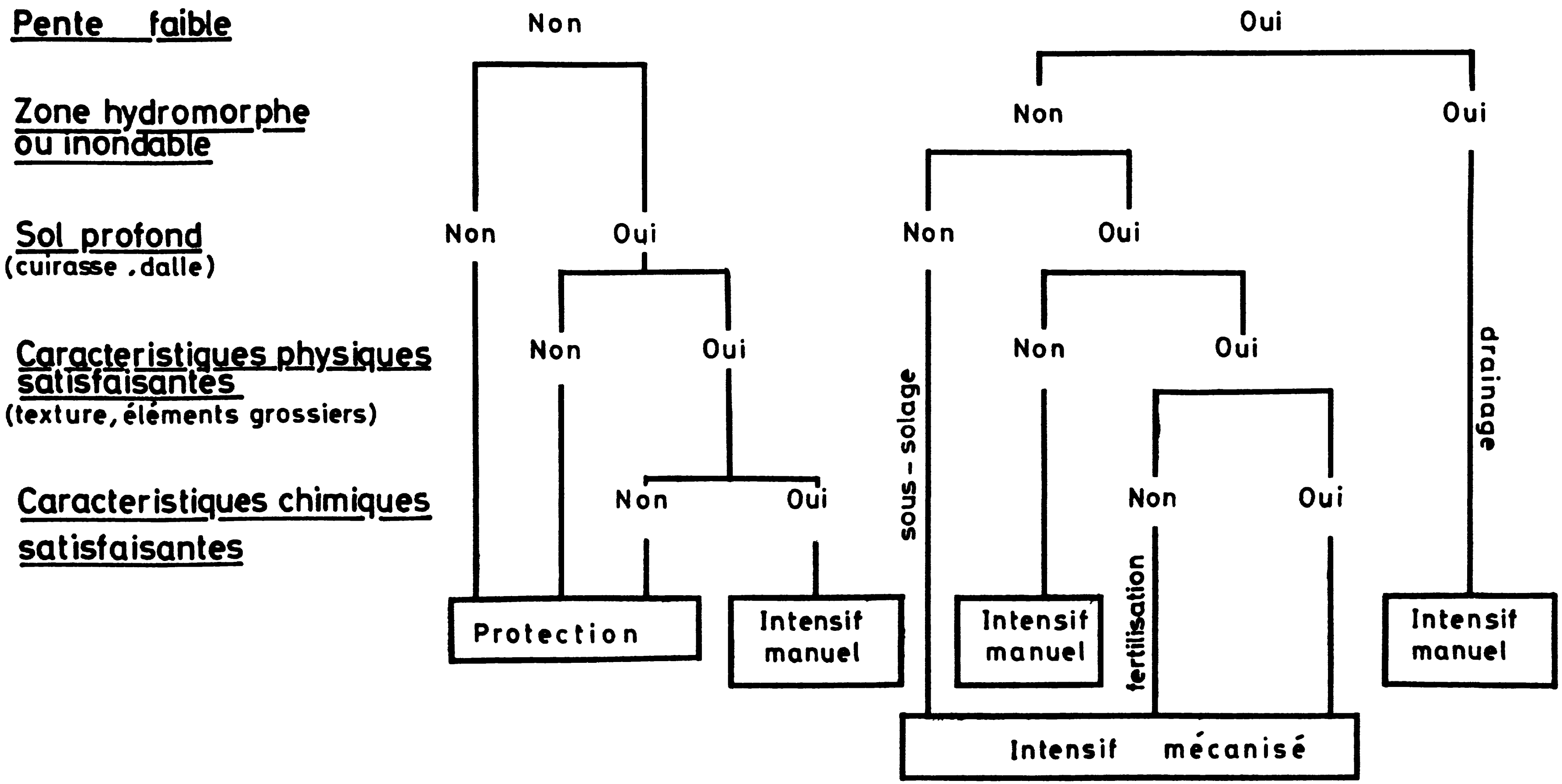
Avant d'entreprendre une action de reboisement il faut essayer d'évaluer le milieu de croissance du futur reboisement et tendre à conserver, voire à améliorer les caractéristiques des stations concernées.

Une croissance satisfaisante des arbres repose sur un développement harmonieux du système racinaire et aérien. Le système racinaire doit assurer un approvisionnement suffisant en eau et éléments minéraux ainsi que la stabilité de l'arbre. Pour cela il doit pouvoir prospecter une profondeur suffisante de l'ordre d'un mètre.

L'existence de facteurs qui pourraient limiter la croissance du système racinaire doit être prise en compte soigneusement. Négliger ces facteurs limitatifs peut conduire à l'échec. Dans certains cas le reboisement de production peut se révéler impossible et une action de protection beaucoup plus raisonnable.

Le développement correct du système aérien sera favorisé par un régime d'éclaircie adéquat.

- Critères de choix dans une série de reboisement -



12 - Pépinières

La production du matériel végétal destiné à être planté est une des étapes fondamentales conditionnant la production future. Le choix se situe au niveau du potentiel génétique et à celui de la technique de production.

Le premier doit être parfaitement adapté aux objectifs de production : volume, dimensions, forme ... Généralement les expérimentations ont permis d'aborder la sélection des meilleures espèces et provenances. Néanmoins, la nécessité de progresser dans le domaine de l'amélioration génétique subsiste et, comme nous le verrons plus loin, l'orientation actuelle des recherches le montre bien.

Le choix de la méthode de propagation et de production répond à des critères techniques, aujourd'hui assez bien connus. Le présent document ne rentrera pas dans les détails et renvoie aux rapports spécifiques et ouvrages didactiques. Quelques grands principes seront cependant rappelés.

La propagation du matériel végétal s'appuie sur deux méthodes :

- la voie sexuée traditionnelle : graines
- la voie végétative : boutures.

121 - Plants produits à partir de graines

Les premières difficultés du jeune arbre mis en place lors d'un reboisement sont :

- d'assumer la crise de transplantation en rendant au plus vite fonctionnel son système racinaire dans son nouveau substrat,
- de lutter contre la concurrence, particulièrement sévère en zone de forêt dense, de la végétation adventice et du recrû.

L'idéal serait donc, pour satisfaire le second point, de mettre en place des plants de taille non négligeable disposant d'un système racinaire non perturbé pour une reprise de végétation rapide.

Deux types de plants peuvent alors être préparés :

- les plants à racines nues
- les plants avec motte racinaire

* Plants à racines nues

Il s'agit d'un des modes de préparation qui a été et qui est encore le plus répandu dans notre zone d'étude.

Les plants à racines nues peuvent être préparés de différentes façons avant la plantation. On peut distinguer :

- La pleine tige. A la plantation elle atteint 2 m de hauteur. Tout le feuillage est supprimé à l'exception du bouquet foliaire terminal.

Les racines sont raccourcies en ne conservant qu'une longueur de 10 - 20 cm pour le chevelu racinaire.

- Le stump haut ou demi-tige. A la différence de la pleine tige, toutes les parties non aoûtées sont supprimées.

- Le stump bas. La tige est réduite à 7 - 10 cm de hauteur. Le pivot est conservé sur une dizaine de centimètres.

* Plants conservant le substrat autour des racines

Divers contenants et supports ont été testés tout au long de l'histoire des reboisements.

Le plus répandu est actuellement le sachet de polyéthylène. Il est peu coûteux, facile à stocker et à manipuler ; de dimension variable il s'adapte à toutes essences. Néanmoins, les racines ne pouvant le traverser, la durée d'élevage, et donc la dimension du plant, sont limitées si l'on veut éviter les déformations.

* Précautions phytosanitaires

Dans les zones de forêt dense les conditions du milieu obligent le pépiniériste à souvent faire face à des problèmes phytosanitaires qu'il doit résoudre rapidement sous peine de compromettre sa production annuelle.

Pour limiter les risques, des traitements préventifs peuvent être envisagés.

Pour les espèces sensibles aux fontes de semis et semées en germoir, une désinfection des sols est préconisée :

- soit par arrosage des sols avec du Formol (0,1 l/m^2). Les sols traités seront maintenus deux semaines sous bâche puis laissés à l'air libre pendant deux semaines supplémentaires : le délai minimum entre le traitement et le semis est donc de quatre semaines.

- soit par traitement au Bromure de Méthyle (injection de gaz sous bâche). Le délai de semis est alors de deux semaines. Vu la toxicité du produit, des précautions doivent être prises lors de son application.

Des traitements curatifs peuvent également être nécessaires :

- Pour lutter contre les champignons, essentiellement en germoir, des pulvérisations de Benlate ou de Viricuivre sont très efficaces (1 g/10 litres d'eau).

  Pour lutter contre les insectes s'attaquant au collet et/ou aux racines (termites, grillons, acridiens ...), la Dieldrine pulvérisée en solution (2 %) ou l'utilisation d'appâts empoisonnés (mélange de Dieldrine 2 % avec de la farine) est recommandée. (1)

- Pour lutter contre les insectes défoliateurs (chenilles, coléoptères), on utilisera des pulvérisations de Decis (2) (0,3 %). Les insectes piqueurs (psylles, cochenilles ...) seront combattus avec du malathion, du vamidothion, et les insectes foreurs avec des applications de méthidathion.

- Pour lutter contre les mollusques (escargots, limaces ...) il faut disposer des préparations à base de métaldéhyde sur les lieux de passage.

- Pour la lutte contre les rongeurs (rats, ...) l'utilisation d'appâts à la coumarine disposés sur les lieux de passage est préconisée.
  Mais bien souvent un sol débarrassé de tout tapis herbacé évite la circulation des rongeurs.

* Enfin, on peut signaler la possibilité exceptionnelle de réaliser des semis directs sur la zone à planter. Cette technique exige des conditions de préparation du sol telles que la germination puisse être rapide et la concurrence du recrû minimale. Mais, surtout elle implique des interventions sylvicoles précoces intenses et répétées (nettoiements, entretiens, dépressage, éclaircies) pour ramener le peuplement à une densité compatible avec les objectifs de production. Le coût de ces opérations anéantit souvent l'économie réalisée lors de la mise en place.

122 - Production de plants par boutures

L'irrégularité des fructifications et/ou l'existence d'un matériel végétal amélioré peut orienter le reboiseur vers la multiplication par voie végétative et, en particulier, vers le bouturage industriel.

(1) La Dieldrine n'étant plus fabriquée et son usage étant interdit dans d'assez nombreux pays, elle est remplacée dans la lutte contre les termites par le Suxon à base de Carbosulfan. Pour les Acridiens, utilisation de HcH, lindane...

(2) Les produits mentionnés sont généralement des marques déposées de certains fabricants. D'autres compositions peuvent être utilisées à partir du même principe actif de base.

Deux méthodes de bouturage sont actuellement parfaitement maîtrisées.

* Bouturage sous châssis

C'est une technique qui est utilisée avec succès pour le Samba particulièrement (DELAUNAY, 1978).

Les bacs de bouturage (200 x 90 x 60 cm) sont recouverts d'un film plastique assurant un effet de serre.

Le milieu de bouturage est du sable (diamètre 1 à 2 mm) ou de la sciure ; son épaisseur est de 20 à 25 cm. Il repose sur une couche de graviers (diamètre 3 à 4 cm) de 25 cm d'épaisseur disposée au fond du bac de bouturage et qui assure le drainage. Les parcs à bois plantés à 80 cm x 60 cm sont irrigués (5 à 7 mm d'eau/jour). Un pied fournit en moyenne 5 boutures/récolte, avec 4 récoltes par an.

Les boutures sont herbacées, de 8 à 12 cm de longueur et de diamètre au collet de 6 à 12 mm. Deux ou trois feuilles tronquées par la moitié sont conservées. Pour la désinfection du matériel végétal, avant installation dans le milieu de bouturage, chaque bouture est trempée dans une solution de Benlate (0,05 %), puis la base de la tige (sur une longueur de 2 cm) est ensuite imprégnée d'une solution d'hormones (Exubérone ...) qui active les phénomènes de rhizogénèse.

L'apport d'eau est de 1 litre/m2/jour pour la sciure et de 4 litrès/m2/jour pour le sable.

Les bacs sont protégés par un système d'ombrières horizontales et verticales. Le repiquage est réalisé sous ombrières lorsque le système racinaire atteint environ 3 cm de long. Le sevrage est réalisé progressivement par réduction de l'ombrière et de la fréquence des arrosages (un arrosage tous les deux jours 7 à 8 semaines après le repiquage).

* Bouturage sous brumisateur

Les principes de bouturage restent identiques à ceux décrits précédemment, seul le procédé de distribution de l'eau est différent.

Le milieu de bouturage est du sable grossier avec une brumisation continue pendant le jour. Pendant la nuit, selon l'état hygrométrique de l'air la brumisation peut être interrompue. Le bouturage s'effectue sous ombrière amovibles pendant quelques jours, puis en plein découvert. Le sevrage est réalisé par réduction de la brumisation avec fertilisation (300 grammes engrais/10 litres d'eau/1 000 boutures) et remise temporaire des ombrières.

Le sevrage est terminé 8 à 10 semaines après la récolte des boutures qui peuvent alors être repiquées dans des sachets ou en planche.

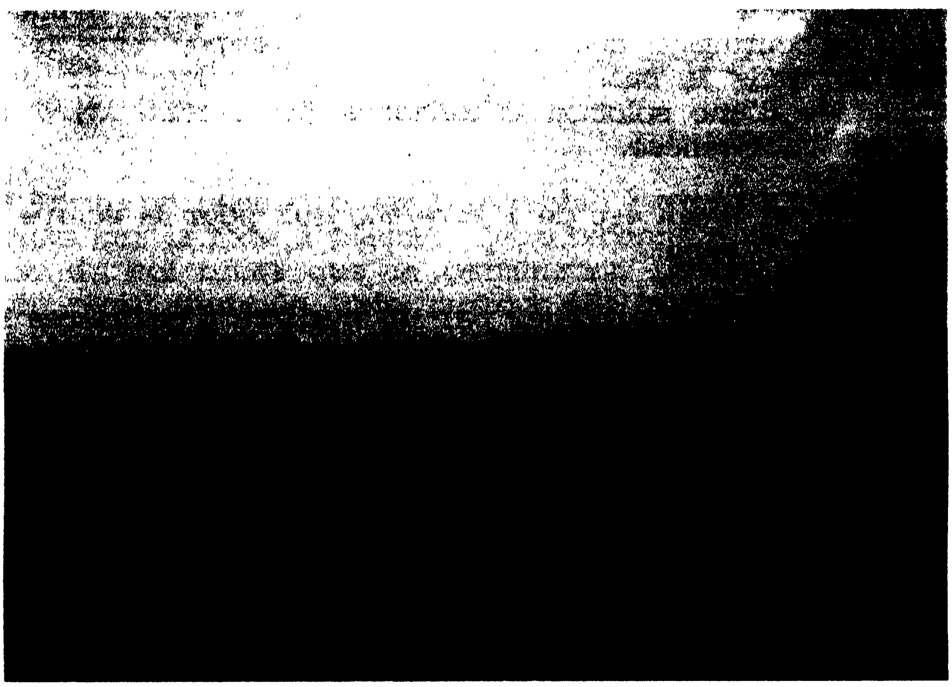
13 - Préparation du terrain et plantation

131 - Préparation du terrain

L'objectif est d'obtenir un terrain totalement débarrassé de sa végétation initiale afin de permettre une mécanisation aisée des opérations et de donner aux futurs plants le maximum de lumière avec le moins de concurrence rémanente possible.

Les reboisements sont généralement effectués sur des formations dégradées de forêt dense humide sempervirente ou semi-décidue.

En zone de savanes humides, les volumes de bois sur pied sont faibles et ne nécessitent pas des travaux aussi importants qu'en zone de forêts denses.



Terrain préparé avant la plantation

Une déforestation totale est donc réalisée avec extraction des souches à l'aide de chenillards (type CATERPILLAR D8-300 CV) munis de flèche d'abattage ou de chaînes. Auparavant, les billes commercialisables ont été débardées. Les tiges, souches et débris végétaux restant sont rangés en andains. Ces travaux sont réalisés dès la fin de la saison des pluies précédant celle de l'année de plantation pour permettre aux débris de subir une saison sèche, et donc, aux andains de brûler plus facilement. Un resserrement des andains est ensuite prévu pour laisser le plus de terrain disponible à la plantation. L'andainage est effectué avec des chenillards (type D8 à D6 selon la végétation) généralement équipés de râteaux. Lorsque le dessouchage n'a pas été possible, l'arrachage des souches peut éventuellement être réalisé avec

une lame coupante montée sur chenillard (type Rome KG). Cette opération reste néanmoins lourde et coûteuse.

Il est recommandé, dans la mesure du possible, de favoriser un planage et un labour du terrain.

Un des inconvénients de la méthode est, entre autres, le tassement du sol par les passages répétés d'engins lourds. Mais le plus grave encore est le risque de disparition de la couche superficielle fertile. Ce travail doit donc être bien mené pour éviter le décapage de la zone à planter.

Simultanément les pistes d'accès et les limites de parcelles sont réalisées, soit environ :

Pour 100 hectares : 4 km de limites de parcelles
2 km de pistes principales
2 km de pistes secondaires

Les pare-feu sont mis en place à raison de 2 km pour 100 hectares de plantations, leur largeur est de 100 m environ et ils sont desservis par une piste carrossable.

C'est la seule méthode utilisée aujourd'hui pour la réalisation de plantations industrielles, qu'elles soient destinées au bois d'oeuvre comme en Côte d'Ivoire (Terminalia, Samba, Teck, Gmelina), au bois de feu comme au Togo (Eucalyptus) ou au bois de papeterie comme au Congo (Eucalyptus).

Toutefois il faut distinguer les plantations en zones de forêt dense (Côte d'Ivoire, Gabon, Cameroun, ...) de celles réalisées dans les savanes humides (Congo, Togo, ...).

Les moyens à mettre en oeuvre pour préparer le terrain et les coûts afférents sont beaucoup plus faibles dans le deuxième cas.

132 - Plantation

Lorsque le terrain est prêt à la plantation, le piquetage des emplacements des futurs plants est réalisé. Il est, de manière classique, effectué par carrés successifs de 100 plants à l'aide d'une boussole et de jalons qui matérialisent si nécessaire les points de trouaison.

Les trous sont faits à la houe quelques jours seulement avant la plantation, les pluies les rebouchant rapidement.

Un traitement de préemergence par pulvérisation d'un herbicide peut être réalisé avant le début de la saison des pluies.

Selon la nature des plants, leur manipulation est délicate depuis la pépinière jusqu'au site de plantation. Des précautions sont surtout à prendre pour les plants en sachet dont le système racinaire bien protégé jusqu'à la plantation ne doit pas souffrir de traumatisme à la mise en place. Avant la plantation, il est impératif d'enlever le sachet plastique ainsi que de sectionner la partie inférieure du système racinaire pour assurer un bon développement ultérieur des racines. Ce problème ne se pose pas pour les

supports bio-dégradables.

Des apports localisés d'engrais lors de la plantation, doivent éventuellement être envisagés de façon à optimiser la croissance initiale des jeunes plants. Cependant, en l'absence de résultats de recherche généralisables, il est encore prématuré de donner des préconisations pour les reboisements industriels en zone de forêt dense. La densité de plantation est un paramètre sylvicole important, variable en fonction de chaque espèce. Elle résulte d'un compromis entre :

- les exigences sylvicoles de chaque espèce plantée,
- les contraintes économiques.

La densité de plantation doit permettre de créer un effet de peuplement tel que :

- La fermeture du couvert soit rapide ; ceci pour limiter le développement des adventices.

- Le rôle éducatif du peuplement sur chaque individu (forme, élagage) soit assuré.

Il existe donc des densités minimales permettant de satisfaire ces impératifs, elles sont fonction de l'architecture et des modalités de croissance de chaque espèce.

Ces problèmes seront abordés plus en détail lors de l'étude des règles de culture.

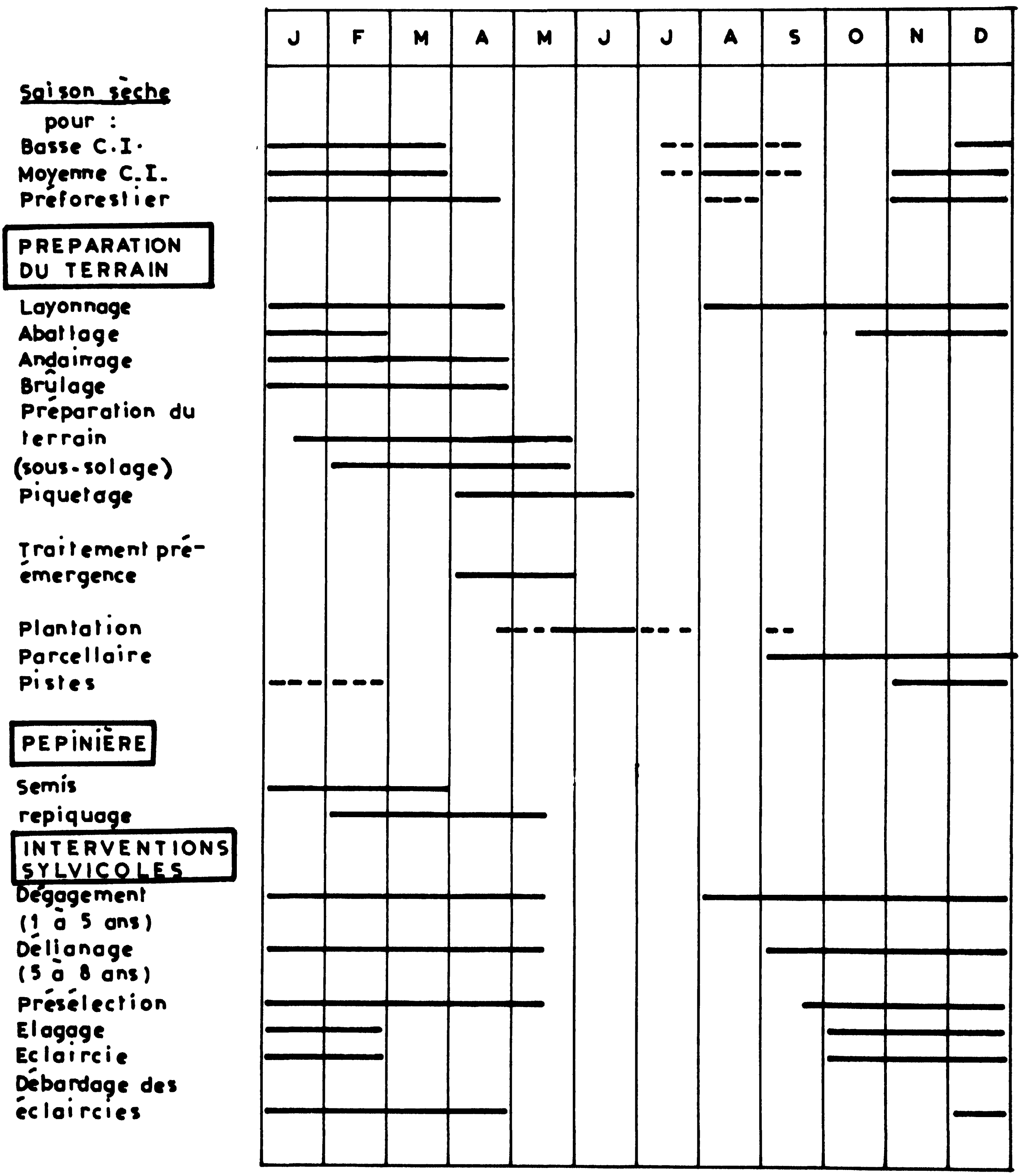
D'une manière générale la méthode de plantation à grande échelle avec travaux mécanisés comprend les étapes suivantes :

- Exploitation forestière.
- Layonnage à 500 x 500 m.
- Abattage au bouteur et récupération des bois
- Andainage des rémanents en andains parallèles équidistants de 30 à 80 m.
- Brûlage des andains
- Resserrage des andains
- Planage des bandes situées entre les andains et labour éventuel.
- Piquetage
- Plantation

Il est particulièrement important de bien programmer les opérations dans le temps en fonction de la succession des saisons sèches et pluvieuses. Des retards peuvent amener des décalages, souvent d'une année entière, qui remettent en question les résultats des opérations déjà réalisées.

A titre d'exemple concret, le planning des travaux de reboisement en Côte d'Ivoire est donné ci-après.

PLANNING ANNUEL DES TRAVAUX D UN CHANTIER DE REBOISEMENT INDUSTRIEL



2 - BILAN TECHNICO-FINANCIER

Les techniques de transformation des peuplements naturels s'adressent à des peuplements forestiers dégradés à couvert souvent lacunaire.

Ces peuplements sont abattus et replantés. Le degré d'intensification du défrichement peut être variable en fonction des moyens et des objectifs.

Le seul impératif est la suppression totale de l'étage dominant.

21 La méthode manuelle dite du recrû

Elle repose sur les deux idées suivantes :

- Suppression totale de l'étage dominant par dévitalisation ou abattage.
- Recépage du sous-bois qui doit accompagner les arbres plantés lors de leur croissance.

La succession des opérations est la suivante :

- Dévitalisation ou abattage des arbres de plus de 15 cm de diamètre.
- Abattage du sous-bois par recépage manuel.
- Plantation.
- Entretiens (jusqu'à 5-6 ans).
- Eclaircies.

L'écartement à la plantation correspond à une densité de 300-400 tiges par ha.

RATIOS POUR UN HECTARE DE PLANTATION
(Préparation pour la méthode du recrû)

	Homme/Jour	Chenillard 300 CV (heure)	Tracteur 80 CV (heure)	Scie à chaîne (jours)
PREPARATION/PLANTATION				
Infrastructure	2.5	0.6	0.4	
Layonnage	2.0			
Délianage	5.0			
Préparation du sous-bois	25.0			4.0
Empoisonnement	6.0			
Pépinière	4.0		0.1	
Plantation	20.0			
Pare feu	0.2	0.1		0.5
TOTAL	64.7	0.7	0.5	4.5
ENTRETIENS Année 0 à 8	52			
TOTAL	116.7	0.7	0.5	45

22 L'association reboisement/agriculture (Taungya)

Dans certains cas, en particulier dans les zones agricoles peuplées, on peut avoir recours à la méthode Taungya.

Cette technique consiste à introduire des plants forestiers sur des parcelles où, simultanément, des cultures annuelles sont pratiquées, d'abord en plein puis en intercalaire. L'agriculteur doit abandonner définitivement le terrain après deux années de cultures consécutives.

A l'origine, le défrichement et la préparation du terrain étaient à la charge de l'agriculteur.

Actuellement avec la mécanisation croissante du défrichement, ce dernier est souvent effectué par le reboiseur et le "rôle sylvicole de l'agriculteur" est réduit à l'entretien des plantations forestières en échange d'un droit de concession temporaire.

Une méthode d'association agriculteur/forestier est employée avec succès sur certains périmètres de reboisement industriels où, après la plantation le terrain planté est temporairement concédé à des agriculteurs pour un cycle (ou deux) de cultures vivrières (ou industrielles) non pérennes.

Le but est de réduire l'importance du poste "entretien des jeunes plantations" en le rétrocédant à des agriculteurs. En échange, un terrain de plantation déjà défriché intégralement leur est fourni.

Les cultures ainsi réalisées sont des cultures intercalaires effectuées l'année de plantation et quelquefois l'année suivante.

Les cultures à associer sont, pour les zones de forêt dense humide semi-décidue et préforestière, les suivantes :

- le coton,
- l'arachide,
- le riz pluvial,
- le maïs,
- la banane,
- le sorgho, ...

La surface confiée à chaque agriculteur ne peut excéder quelques hectares tout au plus une dizaine.

23 La méthode mécanisée :

Elle repose sur les actions suivantes :

- Défrichement mécanisé au bouteur.
- Andainage des rémanents au bouteur.
- Planage (tracteur).
- Plantation (manuel).
- Entretien (manuel + mécanisé).
- Eclaircie (manuel).

L'écartement à la plantation est variable : 2,5 m x 2,5 m à 3,75 m x 3,75 m selon les espèces plantées.

RATIOS POUR UN HECTARE
(Préparation par la méthode mécanisée)

	Homme/Jour	Chenillard (heure) 300 CV	Chenillard (heure) 140 CV	Tracteur (heure) 120 CV	Tracteur (heure) 80 CV	Tracteur (heure) 45 CV	Scie à chaîne (jours)
PREPARATION/PLANTATION							
Infrastructure	2.5	0.6			0.4		
Layonnage	2.0						
Abattage	0.4	3.5					
Brûlage	0.5						
Andainage	0.4	1.8	2.2				1.0
Préparation du sol	0.2		2.0		0.8		
Pépinière	2.5						
Plantation	4.0				0.1		
Pare feu	0.2	0.1					1.5
TOTAL	12.7	6.0	4.2		1.3		2.5
ENTRETIENS Année 0 à 8	35			1.0		5.0	
TOTAL	47.7	6.0	4.2	1.0	1.3	5.0	

Les méthodes manuelles consistent en une suppression totale des ligneux de petits diamètres qui sont abattus et brûlés. Seuls subsistent les arbres de gros diamètres sans valeur commerciale qui sont empoisonnés (méthode du recrû) ou bien simplement annelés (Taungya). Après la plantation il subsiste donc une certaine proportion d'arbres sur pied, morts pour la plupart bien que certains résistent aux traitements de dévitalisation.

La chute progressive des branches et des troncs occasionne des dégâts parmi la population de jeunes plants. Plantés à des densités de 300 à 400 tiges/ha, on estime qu'environ les 2/3 des plants subsistent 5 ans après la plantation.

Si le recrû se montre vigoureux, il se reconstitue très rapidement un sous-étage ligneux arbustif, puis arborescent. Ces méthodes manuelles mobilisent un personnel important, en particulier lors de la plantation, la totalité des entretiens sont manuels.

La nécessité d'intensifier les opérations de reboisement a conduit à introduire une mécanisation croissante de nombreux postes de travail.

Le défrichement par abattage de tous les préexistants et andainage des rémanents permet une libre circulation des tracteurs lors de la plantation et des entretiens. Par voie de conséquence, il est possible de mécaniser, au moins partiellement, ces deux derniers postes.

En ce qui concerne les besoins en main d'oeuvre, si l'on compare les deux méthodes de reboisement :

- pour la préparation du terrain, le rapport est de 1 à 9 en faveur des méthodes mécanisées ;

- pour la plantation, le rapport est de 1 à 3 toujours en faveur des plantations mécanisées.

Ce type de préparation s'accompagne malheureusement de la destruction de l'horizon humifère, lors de l'andainage en particulier, ainsi que de l'explosion d'un recrû héliophile très vigoureux.

Pratiquement la charge des entretiens manuels et mécaniques reste très lourde pendant les premières années : il faut compter 6 heures/ha de tracteurs et 35 hommes jour/ha pour les méthodes mécanisées, ceci pour les six premières années. Simultanément le gain de croissance escompté est de l'ordre de 30 % en faveur des méthodes mécanisées.

En fait, le principal avantage des méthodes mécanisées est la réduction des besoins en main d'oeuvre pour la préparation du terrain et pour la plantation, opérations pour lesquelles le délai disponible est court. Corrélativement, il est possible d'intensifier le rythme de reboisement.

Par contre, en ce qui concerne le coût de l'hectare planté, le rapport est de 1 à 2 en faveur des méthodes manuelles. La possibilité d'intensification des opérations de reboisement par le biais de la mécanisation ne doit pas masquer les problèmes que soulève une telle méthode :

- la faible taille des plants utilisés (plants en sachet de quelques mois) nécessite une grande rigueur dans la réalisation des opérations d'entretien.

- Le décapage de la couche humifère est un facteur défavorable, en particulier dans les zones à sols fragiles.

- La réalisation de grandes surfaces en plantations monospécifiques induit une fragilisation de l'écosystème, en particulier dans le domaine phytosanitaire : les récentes attaques de chenilles défoliatrices sur plantations de Fraké en Côte d'Ivoire en sont une illustration.

Avec quelques années de recul, il apparaît que, sous peine de se voir discréditée, une telle méthode de reboisement doit être utilisée avec discernement.

Il est important de prendre en considération plusieurs points :

- Sur des sols fragiles ou fortement pentus, il est inutile, voire même dommageable, de détruire une forêt préexistante : la reconstitution d'un peuplement forestier par reboisement intégral sur parcellaire mécanisé est trop aléatoire.

L'aménagement de ces peuplements est recommandé chaque fois que cela est possible. Dans le cas contraire il faut envisager de reboiser en mécanisant le moins possible.

- Il faut éviter de créer des parcellaires monospécifiques de grandes dimensions. Le sylviculteur peut, à la fois, utiliser des peuplements en mélange de deux espèces et créer un parcellaire en mosaïque où l'unité de mélange devient la parcelle monospécifique.

- L'importance des entretiens est primordiale, en particulier les quatre premières années.

- Le respect du calendrier des éclaircies est impératif. Tout retard de quelques années dans ce calendrier peut engendrer une perte de productivité de 20 à 40 % avec une augmentation de la révolution dans les mêmes proportions. Une fois le peuplement définitivement installé, il faut se rappeler qu'entre la densité de plantation et la densité définitive, il existe un rapport d'environ 1 à 10. Si le reboiseur est

enfin soulagé, il lui appartient de se souvenir qu'alors commencent les éclaircies, les désignations d'arbre de place, les élagages, ...

Il faut remarquer que méthode manuelle et méthode mécanisée, diffèrent, en particulier, par la densité de plantation. L'absence de sous-étage arborescent à rôle cultural dans la méthode mécanisée nécessite des densités de plantation plus élevées pour assurer une fermeture rapide du couvert.

Corrélativement il est donc nécessaire d'intervenir plus tôt en première éclaircie : la concurrence apparaît plus précocement dans une parcelle mécanisée avec 700 tiges/ha que dans une parcelle plantée manuel lement où subsistent 250-300 tiges/ha quelques années après la plantation. De la même façon, il faudra intervenir plus souvent en éclaircie pour ramener le peuplement à densité définitive sur parcellaire mécanisé.

Chacune de ces méthodes comporte des avantages et des inconvénients

Méthode	Avantages	Inconvénients
Recrû	Bouleversement minimum du milieu. Reconstitution rapide d'un sous-étage arborescent à rôle cultural. Faible coût de plantation. Investissements matériels faibles. Intervention en 1ère éclaircie plus tardive du fait d'une densité de plantation faible.	Chute des arbres empoisonnés sur les jeunes plants. Accroissement initial des plants moyen Superficies annuellement reboisables limitées du fait de besoins en main d'oeuvre élevés. Mécanisation des entretiens impossible.
Taungya	Association forestier/agriculteur. Faible coût de plantation et d'entretiens initiaux. Investissements matériels minimum. Bonne croissance initiale des plants du fait du travail agricole du sol.	Problèmes fonciers. Sauvegarde des plants forestiers aléatoire. Méthode limitée à de faibles surfaces souvent éparpillées.
Mécanisée	Potentiel ligneux mobilisé important (bois d'oeuvre-biomasse). Disparition de tous les préexistants. Mécanisation de nombreux postes entraînant des besoins en main d'oeuvre beaucoup plus faibles. Bonne croissance initiale des plants. Superficies annuellement reboisables importantes.	Artificialisation du milieu importante. Absence de sous-étage arborescent remplacé par une strate basse herbacée arbustive. Contrôle de ces adventices difficile avec nécessité d'entretiens répétés des jeunes plantations. Investissements matériels importants. Coût de plantation élevé. Nécessité d'intervention en éclaircie précoce car la densité de plantation est plus élevée pour assurer une reconstitution d'un couvert arborescent continu. Eclaircies répétées.

25 Bilan financier

Un des buts du reboisement est la récolte de bois. Cette évidence ne doit pas masquer les nombreuses conséquences de la réalisation de plantations dans le domaine écologique (maintien du taux de boisement, protection des sols, régulation hydrique ...), sociologique (création d'emplois, relation forêt/agriculture ...), économique (maintien de la filière bois, autosuffisance, etc, ...). Il est toujours difficile d'apprécier et de quantifier ces paramètres régionaux macro-économiques.

Le point de vue adopté est celui du propriétaire forestier, que celui-ci soit public ou privé.

La forêt est un placement financier et, à ce titre, il appartient d'essayer d'évaluer la rentabilité du placement qui est réalisé lors d'un reboisement.

L'expérience montre que les principaux postes intervenant ici sur le taux de rentabilité d'un reboisement sont :

- La préparation du terrain, c'est un poste très lourd en zone de forêt dense humide où les peuplements sur pied, à abattre, représentent un volume considérable de bois d'essences secondaires non valorisables. Ce volume atteint couramment 300 m3/ha. Par contre, la récupération de zones déjà déboisées peut engendrer des économies notables.

- La réussite de la plantation est avant tout liée à la réalisation d'un programme d'entretiens rigoureux. Peu de gains sont à escompter sur ce poste. Le problème réside dans l'application du calendrier des travaux qui conditionne l'avenir des plantations.

- L'application d'un régime d'éclaircies aux périodes adéquates conditionne la croissance optimum des plantations. Tout retard entraîne une perte d'accroissement et, corrélativement un allongement de la révolution.

- Le prix de vente du bois est certainement le paramètre le plus difficile à appréhender ; il sera en particulier fonction de la qualité du bois et de la taille du marché annuel (volume mobilisable).

Les valeurs du taux interne de rentabilité sont évaluées en envisageant plusieurs hypothèses :

- du coût de préparation de l'hectare qui peut varier en fonction de l'état de boisement naturel, de la méthode de plantation, ...

- de la durée de la rotation qui est fonction de la fertilité, du respect du rythme des éclaircies, ...

- du prix de vente du m3 de bois à récolter. Le cas étudié ici est celui

du Fraké en Côte d'Ivoire.

Pour un coût moyen de plantation de 450 000 F CFA/ha qui correspond aux conditions moyennes d'un reboisement industriel, les valeurs du taux interne de rentabilité (T.I.R.) en fonction du prix de vente de m3 sont :

Prix du m3	Rotation		
	25 ans	30 ans	33 ans
10 000 F CFA	6.02 %	5.03 %	4.54 %
15 000 F CFA	7.89 %	6.55 %	5.92 %
20 000 F CFA	9.23 %	7.65 %	6.92 %
25 000 F CFA	10.28 %	8.50 %	7.69 %

26 Bilan global

L'examen rapide des caractéristiques techniques, des méthodes de reboisement manuelles et mécanisées permet de mettre en évidence leurs limites respectives en zone de forêt dense :

	Méthode manuelle	Méthode mécanisée
Type de plant	haute tige de 12 - 18 mois	sachets de 4 mois
Densité	300 - 400 tiges/ha	700 tiges/ha
Plantation		
Homme/jour	65/ha	13/ha
Chenillard	0.7 heures/ha	10.2 heures/ha
Tracteur	0.5 heures/ha	1.3 heures/ha
Tronçonneuse	4.5 heures/ha	1.5 heures/ha
Entretiens		
Homme/jour	52/ha	48/ha
Tracteur		6 heures/ha
Eclaircies	2	3
Superficie reboisable (/chantier)	200-400 ha/an	1000 - 2000 ha/an

Le principal avantage de la méthode manuelle est son faible coût, mais elle nécessite une main d'oeuvre abondante et ne permet pas de réaliser de

grandes surfaces chaque année.

La méthode mécanisée, si elle permet le reboisement de superficies importantes chaque année, nécessite des investissements importants et une intervention en première éclaircie précoce.

Les besoins importants en main d'oeuvre interdisent les projets de reboisement industriel par les méthodes manuelles. Le coût de plantation par de telles méthodes est de l'ordre de 250 000 F CFA/ha (hors encadrement), il est d'environ 450 000 F CFA/ha (hors encadrement) pour les méthodes mécanisées.

Simultanément le gain de productivité dans les plantations mécanisées est de l'ordre de 30 % du fait de l'intensification des pratiques culturales.

Pour le prix de vente du bois sur pied, une hypothèse basse de 10.000 FCFA/m3 paraît raisonnable pour des bois de qualité moyenne. Des prix supérieurs sont à envisager pour des bois de qualité supérieure. Le prix moyen de 15 000 F CFA/m3 (sur pied) est retenu comme base de travail.

Pour ces conditions moyennes le taux interne de rentabilité des plantations mécanisées bien gérées est donc de 7 - 8 % environ.

Selon la réussite des plantations et leur croissance, le T.I.R. est compris entre 5 % et 9,5 %.

Pour les méthodes manuelles, il faut envisager des valeurs du T.I.R. légèrement plus faibles ; elles sont comprises entre 4.5 % et 8.5 % pour une valeur moyenne de 6-7 %.

3 - PRINCIPES POUR LE REBOISEMENT INTENSIF

La réalisation de plantations à vocation bois d'oeuvre est un investissement financier important dont l'objectif est la production d'une catégorie donnée de produits ligneux, avec une valorisation optimum de l'investissement réalisé.

Le but est la production de bois d'oeuvre de qualité, en quantité importante, dans un délai le plus court possible.

31 Contraintes des reboisements intensifs

Les contraintes à prendre en considération sont multiples.

1 - La productivité du site est un critère déterminant pour la rentabilité de l'investissement forestier.

Lors du choix de la zone à reboiser, l'étude des potentialités de la station est un préalable nécessaire. L'opportunité du choix du reboisement doit être justifiée par des possibilités de croissance satisfaisantes. Sur station médiocre, l'investissement doit être réduit. A l'inverse, sur bonne station, le choix s'orientera vers des options sylvicoles intensives.

2 - La rentabilité de l'investissement conditionne le choix des espèces de reboisement.

L'âge d'exploitabilité pour un diamètre donné doit permettre d'obtenir une rentabilité satisfaisante. Les espèces à croissance faible sont à écarter au profit d'espèces à révolutions les plus courtes possible.

3 - L'objectif est de produire du bois d'oeuvre en quantité.

Il s'agit de rechercher un compromis entre l'obtention de dimensions individuelles importantes propres à un objectif bois d'oeuvre et le maintien d'une production peuplement soutenue.

4 - Le bois produit doit être de qualité.

Le choix des espèces, des provenances, des techniques sylvicoles doit permettre à terme l'obtention de bois d'oeuvre de qualité susceptible de justifier l'investissement réalisé.

5 - La ressource ligneuse doit être facilement mobilisable.

L'accessibilité aux peuplements est un paramètre important. En effet, il est indispensable de pouvoir accéder facilement aux peuplements et assurer toutes les opérations sylvicoles nécessaires ainsi que l'évacuation des produits.

32 Principes de base

Les principes pour le boisement intensif sont les suivants :

1 - Le choix du site de reboisement doit justifier l'investissement.

Les stations à reboiser doivent présenter des caractéristiques climatiques, topographiques et édaphiques propres à favoriser une crois-

sance satisfaisante des arbres. Il faut éviter d'investir ou diminuer l'investissement dans les stations où existe un facteur limitant pour la croissance du peuplement.

L'accessibilité de la zone plantée est par ailleurs, un paramètre non négligeable non seulement pour la réalisation des reboisements mais aussi pour leur suivi sylvicole (entretiens, éclaircies, protection contre les incendies, ...) et la mobilisation des produits récoltés.

Les sites peu accessibles (fortes pentes, bas-fonds, ...) exigent des travaux de préparation du terrain importants ou difficiles à mettre en oeuvre, souvent peu compatibles avec un objectif de production.

Des conditions édaphiques correctes sont nécessaires pour la réussite des plantations. Les sols superficiels, à texture déséquilibrée et chimiquement pauvres sont à éviter. Il en est de même pour les sols hydromorphes.

Le reboisement intensif de type mécanisé doit être réservé en priorité aux zones à faible pente avec des sols favorables (profondeur, caractéristiques physiques, bilan hydrique, ...) ne présentant plus de formations naturelles justifiables d'un aménagement.

Sur les stations "à risques" (climat, sol, topographie, ...), l'intervention sylvicole sera légère et les méthodes de reboisement, manuelles intensives et extensives seront privilégiées.

2 - Les règles sylvicoles sont liées à la rentabilité.

Il faut essayer de trouver un compromis entre production en volume par hectare et valeur économique du reboisement. Produire des volumes maxium suppose de fortes densités d'arbres de petites dimensions avec des âges d'exploitabilité, des coûts de mise en oeuvre élevés et des retours financiers plus faibles.

Un accroissement individuel maximum sera recherché en maintenant les densités de tiges sur pied suffisamment faibles pour limiter la concurrence.

L'écartement à la plantation sera adapté pour obtenir des arbres bien conformés dont le couvert limite le développement des adventices.

Les interventions en éclaircie seront précoces et fortes pour favoriser la croissance initiale et limiter leur nombre.

A diamètre égal, une station fertile pourra supporter une densité de tiges sur pied supérieure à une station moins fertile.

3 - L'investissement sylvicole à prévoir est adapté à la station.

Il est préférable de concentrer les investissements sur les stations

les plus fertiles, notamment en ce qui concerne :

- l'introduction de matériel végétal sélectionné hautement performant,
- le choix des espèces en fonction de leur valeur marchande,
- les élagages, la fertilisation, ...

Ces deux derniers points sont encore du domaine de la prospective mais devraient permettre des gains quantitatifs et qualitatifs appréciables.

4 - L'avenir de l'arbre se joue pendant les premières années.

La qualité et la croissance de l'arbre sont déterminées par l'application de soins précoces et répétés :

- il faut planter du matériel végétal de qualité (origine, taille, état sanitaire ...),

- il faut entretenir avant que le peuplement ne souffre des adventices,

- il faut éclaircir avant de constater un ralentissement important de la croissance, pour profiter au maximum de la phase de croissance initiale où les accroissements sont les plus importants.

5 - Les facteurs sylvicoles sont interdépendants.

Il est illusoire de vouloir agir sur un facteur isolé pour améliorer la production finale s'il existe un facteur limitant que l'on néglige.

Les principaux facteurs sont :

- La station
- Le matériel végétal,
- Les entretiens,
- Les éclaircies.

Chacun des facteurs doit être pris en considération avec la même attention pour obtenir, à terme, un résultat satisfaisant.

6 - Le terme d'exploitabilité est fonction de la station.

Plus une station est fertile, plus il est possible d'y produire beaucoup de bois, dans un délai court.

Pour éviter d'allonger les révolutions, le diamètre d'exploitabilité sera adapté à la fertilité.

Sur station pauvre, il est donc préférable de choisir des diamètres d'exploitabilité plus faibles que sur station riche.

PRECONISATIONS.

Le reboisement de production est un investissement. Il s'adresse en priorité à des sites accessibles non vulnérables, de bonne fertilité et dont les formations naturelles ne sont pas susceptibles d'être aménagées.

Le choix de la méthode de reboisement est fonction de la vulnérabilité de la zone.

L'intensité des interventions sylvicoles, les termes d'exploitabilité sont à moduler en fonction de la fertilité. L'investissement (matériel végétal, fertilisation, éclaircies, ...) est réalisé en priorité sur les stations fertiles où le gain escompté est supérieur.

Les facteurs sylvicoles sont interdépendants et aucun ne doit être négligé (étude stationnelle, matériel végétal adapté, entretiens, éclaircies, etc ...).

L'avenir de l'arbre se joue pendant les premières années. La qualité des entretiens conditionne notamment la valeur d'avenir potentielle des peuplements. Le retard dans les éclaircies ne se rattrape jamais.

D'un point de vue économique il vaut mieux favoriser la production unitaire plutôt que de rechercher une production maximale par hectare.

L'âge d'exploitabilité est fonction de la fertilité de la station. Il faut éviter un allongement excessif de la révolution sur station médiocre tout en se souvenant qu'un objectif bois d'oeuvre demande un diamètre d'exploitabilité d'environ 40 cm au minimum.

L'âge d'exploitabilité doit donc être un compromis raisonnable entre les contraintes techniques et financières.

7 - Le diamètre d'exploitabilité influence le volume bois d'oeuvre mobilisable.

L'objectif bois d'oeuvre permet une valorisation des bois jusqu'à une découpe fin bout d'environ 20 cm.

Des taux de valorisation de 80 % du potentiel ligneux interdisent actuellement des diamètres d'exploitabilité inférieurs à 40 cm.

33 Limites d'introduction des espèces en plantation

Lors de la réalisation des plantations à vocation bois d'oeuvre, il faut veiller à réserver pour les reboisements de production les zones dont les sols présentent des caractéristiques satisfaisantes.

En particulier, il faudra éviter d'effectuer des plantations sur des sols dont les caractéristiques sont les suivantes :

- sols superficiels suite à la présence d'une dalle latéritique ou d'un horizon gravillonnaire à moins de 60-80 cm de profondeur ; la profondeur disponible doit permettre un développement harmonieux du système racinaire,

- sols à texture sableuse et fortement drainés (pentes et buttes) non susceptibles d'assurer un approvisionnement en eau suffisant aux plants, notamment pendant les années très sèches,

- sols à hydromorphie marquée, provoquant une asphyxie du système racinaire,

- sols à texture argileuse dont le pouvoir de rétention en eau est élevé; ces sols sont à proscrire, en particulier lorsque l'espèce de reboisement est introduite en limite de son aire.

Le reboiseur pourra alors avoir recours à la création de plantations à vocation de protection, ou de bois de service selon les cas de figure rencontrés.

Il apparaît que pour une zone déterminée, le principal facteur édaphique limitant à prendre en considération est le bilan hydrique. Une des premières causes d'échec des plantations forestières est imputable à une alimentation en eau des plants déficiente, en particulier dans le jeune âge, lors de la phase d'installation des peuplements.

Par ailleurs, il faut veiller à introduire les espèces dans des zones écologiques adéquates. Le tableau suivant résume les limites d'extension des aires naturelles des espèces et les conditions bioclimatiques nécessaires à la réalisation de boisement à vocation production.

<u>TABLEAU RECAPITULATIF DES RELATIONS CLIMAT-VEGETATION (COTE D'IVOIRE)</u>

Régions	Basse Côte d'Ivoire	Moyenne Côte d'Ivoire	Côte d'Ivoire préforestière	Côte d'Ivoire subsoudanienne
Formations végétales naturelles	Forêt dense humide sempervirente	Forêt dense humide semi-décidue	Savane guinéenne forêt dense	Savane boisée à arbustive forêt claire forêt sèche
Climats	2 saisons des pluies 2 200 < P < 1 600 mm mois secs : 2 - 4	2 saisons des pluies 1 200 < P < 1 600 mm mois secs : 4 - 6	1 à 2 saisons des pluies 1 000 < P < 1 600 mm mois secs : 6 - 8	1 saison des pluies 1 000 < P < 1 600 mm mois secs : 8
Espèces de reboisement bois d'oeuvre	Niangon, Okoumé, Badi, Framiré, Gmelina, Pins, Acajou	Fraké, Framiré, Samba, Cedrela, Teck, Gmelina, Pins	Teck, Gmelina, Pins	Gmelina

P : Pluviométrie annuelle cumulée exprimée en mm/an

mois sec : mois où l'évapotranspiration potentielle totale (E.T.P.) est supérieure à la pluviométrie mensuelle cumulée (ELDIN 1971)

saison sèche : ensemble des mois consécutifs présentant un déficit hydrique : E.T.P. > P.

Espèce	Aire naturelle				Aire de reboisement à vocation de bois d'oeuvre		
	Pluviométrie		Mois secs		Pluviométrie	Mois secs	Type de
	max	min	min	max	minimum	maximum	forêt
TECK *	4 000	1 100	0	8	1 100	8	S. à S.G.
FRAKE	1 800	1 300	4	6	1 400	6	S.D.
FRAMIRE	2 500	1 300	3	6	1 500	5	S. à S.D.
SAMBA	2 000	1 100	4	7	1 300	6	S.D.
CEDRELA *	2 500	1 200	2	6	1 400	6	S. à S.D.
GMELINA *	4 500	700	0	8	1 100	8	S. à S.G.
BADI	3 000	1 500	2	6	1 400	6	S. à S.D.
PINS *	4 200	700	0	6	1 000	6	S. à S.G.
NIANGON	2 200	1 800	2	4	1 800	4	S.
OKOUME *	3 500	1 500	1	4	1 800	4	S.
SIPO	2 500	1 400	2	5	1 600	4	S. à S.D.
CORDIA *	5 000	1 000	0	5	1 600	4	S. à S.D.

S. : Sempervirente, S.D. : semi-décidue S.G. : soudano-guinéenne
* : désigne les espèces introduites en C.I.

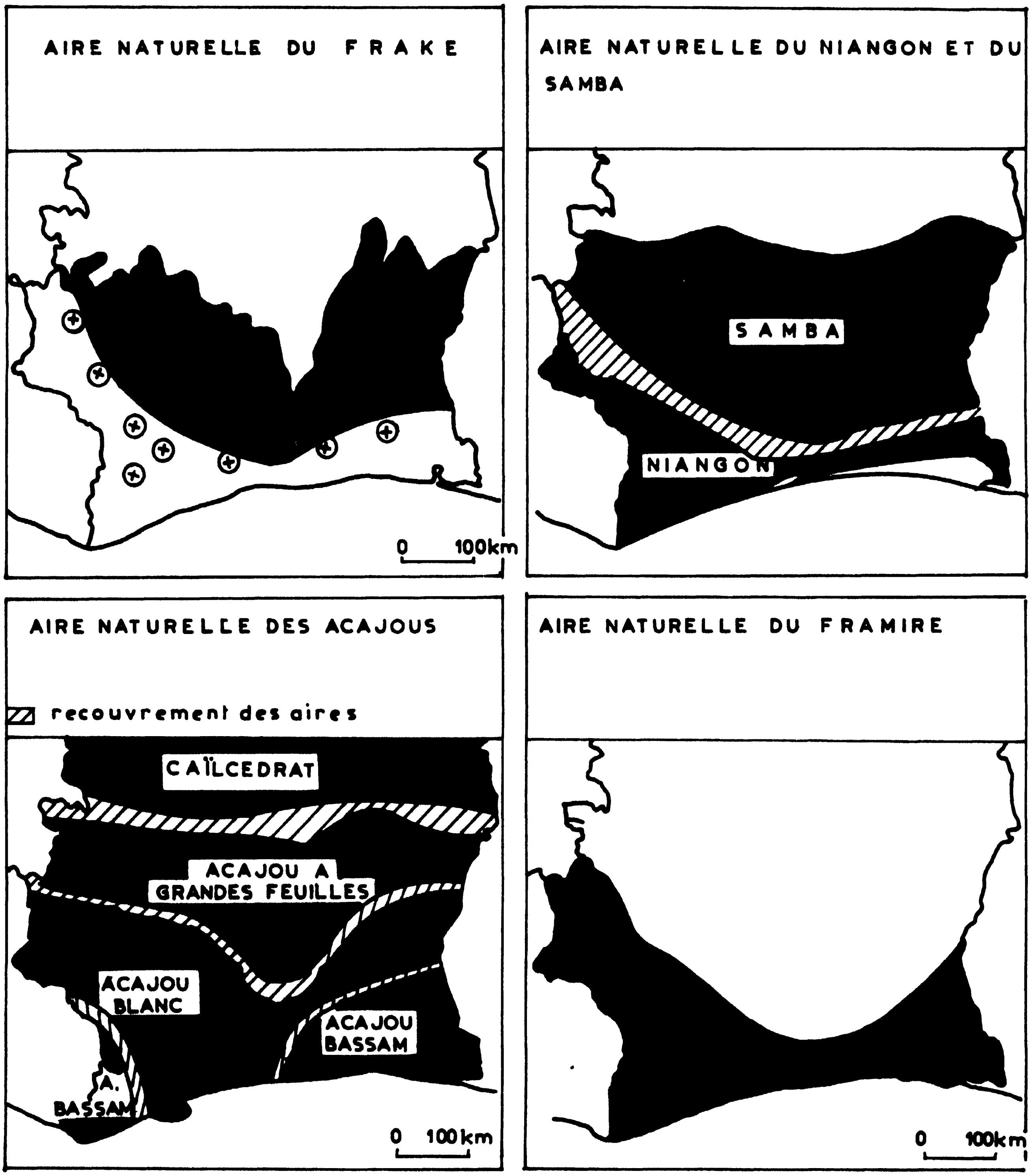
Il est à noter que ces valeurs sont des valeurs moyennes qui ne doivent, en aucun cas, occulter l'existence de variations climatiques cycliques susceptibles de compromettre la réussite des reboisements. Le reboiseur doit donc aussi prendre en compte la relation répartition/intensité des précipitations annuelles ainsi que les valeurs maxima de la durée de la saison sèche qui sont des facteurs climatiques limitants influençant le choix des espèces à planter.

Les densités minimales à respecter à la mise en place sont les suivantes :

Densité	Espèce
1 500 tiges/ha	Teck
1 100 tiges/ha	Niangon, Gmelina, Pins Cedrela, Okoumé, Badi
700 tiges/ha	Framiré, Fraké, Samba

Le reboiseur est souvent tenté, dans le cas de densités de plantation élevées, de réduire celles-ci pour satisfaire des contraintes économiques (coût de la plantation) et techniques (écartement minimum à respecter pour les entretiens mécanisés).

AIRE DE REPARTITION DE QUELQUES ESPECES IVOIRIENNES



▨ : recouvrement d'aires
⊙ : extension d'aire

d'après GUILLAUMET (ORSTOM).

Dans le cas d'espèces comme, par exemple, le Teck, l'amélioration génétique s'oriente vers la sélection d'individus ou de provenances à ramification tardive (voir fiche sylvicole). Par voie de conséquence l'effet peuplement dans le jeune âge est fondamental pour permettre des interactions les plus favorables possible sur un paramètre tel que la rectitude de la future bille de pied. Il apparaît donc important d'essayer d'intégrer les contraintes sylvicoles inhérentes à ces densités de plantation élevées dans les techniques de reboisements, sous peine de diminuer la valeur des peuplements à venir.

34 Règles sylvicoles générales

341 Les dégagements

Le reboisement avec défrichement total ou partiel se traduit par la modification de certains paramètres biotiques :

- Au niveau du sol, la suppression brutale de tout couvert ligneux modifie les termes du bilan hydrique. L'interception des précipitations par le couvert ligneux est supprimée, l'évapotranspiration et l'infiltration sont diminuées : on assiste à une réactivation ponctuelle des phénomènes d'érosion.

- Le brûlage des rémanents provoque une mobilisation instantanée du potentiel minéral stocké dans le matériel ligneux abandonné. L'importance du lessivage réduit l'effet de cet apport à une période courte qui doit être mise à profit pour la reconstitution d'un peuplement ligneux productif.

- La composition floristique initiale est totalement modifiée par suppression de toutes les espèces préexistantes.

- L'ensoleillement au sol passe d'environ 10 % à 100 %. Ces nouvelles conditions stationnaires correspondant à la "niche écologique" des espèces héliophiles pionnières.

Le sylviculteur, du fait de cette destruction totale du couvert, est obligé de recourir à la plantation d'espèces de reboisement héliophiles, susceptibles de supporter le plein découvert dès la plantation.

Par ailleurs, la compétition pour l'occupation de l'espace libéré oriente le choix du sylviculteur vers des espèces à croissance initiale rapide. Celles-ci, avec l'aide d'interventions sylvicoles favorisant leur croissance, doivent pouvoir s'affranchir, le plus rapidement possible, de l'influence du recrû naturel.

Très rapidement, en effet dès que le sol est dénudé, celui-ci est envahi par une flore pionnière héliophile. Cette flore naturelle concurrence directement, tant sur le plan hydrique que sur le plan de la lumière, les espèces choisies par le reboiseur.

Ces espèces concurrentes des essences de reboisement peuvent être rassemblées en 5 groupes (MALLET 1983) :

- Les dicotylédones arbustives telles que :

  * *Musanga cecropioides* (Parasolier) en zone de forêt dense humide sempervirente.

  * *Trema guineensis, Solanum torvum, Solanum verbascifolium* en zone de forêt dense semi-décidue.

- *Eupatorium odoratum*, plante subspontanée qui envahit très rapidement les défriches et peut former une strate continue de 1 - 1,50 m de hauteur en quelques mois.

- Les dicotylédones volubiles (*Pueraria phaseolides, Centrosema pubescens, Ipomea sp....*), qui utilisent les jeunes arbres plantés comme support et les déforment, voire même les étouffent, en les recouvrant intégralement.

- Les monocotylédones de haute taille (jusqu'à 2 m de hauteur) telles que *Rottboelia exaltata, Panicum maximum, Sorghum sp, ...* qui peuvent étouffer le jeune plant.

- Les monocotylédones de taille moyenne (jusqu'à 1 m de hauteur) telles que *Digitaria sp., Brachyaria sp., Paspalum conjugatum, Eleusine indica, Panicum laxum* sur sols superficiels.

Une fois la plantation achevée, le jeune plant est très rapidement concurrencé par ces plantes adventices héliophiles.

Ces adventices ont des potentialités de colonisation très importantes ; la reconstitution d'une strate végétale continue, à partir d'un sol entièrement nu, n'excède pas quelques mois. Comparativement, la vitesse de croissance initiale d'un plant forestier est faible (0,5 m à 2 m/an).

Sans interventions sylvicoles, la majorité des jeunes plants sont éliminés par les plantes adventices.

CHRONO SEQUENCE DES INTERVENTIONS SYLVICOLES

INTERVENTION / ANNEE	0	1	2	3	4	5	6	7	----	12 - 15	---	30 - 40
Entretien chimique .Ligne	1		1	1	1							
Entretien chimique .Interligne	1		1	1	1							
Entretien chimique .Andain		1	1	1	1							
Entretien mécanique .Ligne .Interligne Andains	1	3/5	2	2	1	1	←——	———	- (2*)	——→		
Entretien manuel .Ligne	1	3/5	2	2	1	1						
Entretien manuel .Interligne												
Entretien manuel .Andain	1	1	1	1	1	1						
Délianage					1		←——	———	(2*)	——→		
Désignation d'arbres de place				←—— selon espèce	———	———	———	———	---	——→		
Eclaircie				←——	———	———	———	———	selon espèce ---	———	--	——→
Elagage				←——	———	———	———	selon espèce ———	----	——→		

(2*) : deux à trois entretiens et délianages à prévoir entre 7 et 15 ans comme opération préalable d'éclaircie et /ou d'élagage.

Deux méthodes de contrôle des adventices peuvent être utilisées :

- la méthode mécanique,
- la méthode chimique.

341.1 La méthode mécanique

Elle combine le fauchage manuel et l'emploi de matériel tracté détruisant la végétation.

Entre les lignes de plantation, dont l'espacement permet le passage d'un tracteur, un rouleau broyeur tracté ou un roto-broyeur détruit la végétation ligneuse et herbacée. Cette méthode doit être réservée aux terrains de faible déclivité (inférieure à 10 %). Elle n'est applicable que sur les interlignes.

Selon le degré d'enherbement des parcelles, on utilise :

- Un rouleau broyeur tracté de 1,50 m d'emprise avec un tracteur de 45 CV pour les parcelles faiblement enherbées (jeunes parcelles de 1 à 3 ans). La surface dégagée est de 1,5/2 hectares bruts par heure.
- Un rouleau broyeur tracté de 2,5 m d'emprise avec un tracteur de 120 CV pour les parcelles fortement enherbées avec recrû ligneux (parcelles âgées de 3 à 6 ans). La surface dégagée est de 1,5/2 hectares bruts par heure.
- Un roto-broyeur à couteaux, actionné par la prise de force du tracteur (120 CV) pour la récupération des parcelles envahies par un fort recrû ligneux. La surface dégagée est de 0,5 à 1 hectare brut par heure.

Les dégagements sur la ligne sont effectués manuellement à la machette (2 hommes/jour par hectare brut).

Il en est de même pour le rabattage des andains (2 hommes/jour par hectare brut ou 220 m d'andain/homme/jour).

La fréquence des passages nécessaires en dégagement en plein pour un entretien correct, est fonction du dynamisme de la végétation adventice ; elle varie de 5 passages par an (dicotylédones arbustives) à 8 passages par an (Eupatorium odoratum). Le rabattage des andains nécessite 1 à 2 interventions par an.

341.2 La méthode chimique

L'application d'herbicides permet le contrôle de la composition et de la croissance de la flore adventice. Deux modalités de traitement sont à envisager (MALLET 1983) :

- Les traitements de préemergence, réalisés avant la plantation afin de retarder l'apparition des adventices et à freiner leur développement ultérieur.

- Les traitements de contrôle de la végétation adventice, réalisés après la plantation. Ils visent à retarder la croissance de cette végétation et/ou à en modifier la structure floristique.

- Les traitements de préemergence

- Ils sont réalisés en fin de saison sèche, début de saison des pluies, lorsque le terrain de plantation est débarrassé des rémanents et que la végétation adventice ne s'est pas encore installée.

- La matière active retenue est le DIURON à raison de 2,2 à 2,5 kg M.A/ ha. Cette dose efficace sur les adventices n'entraîne pas de risque de phytotoxie cité par rémanence sur les jeunes plants. Elle présente une bonne efficacité en particulier sur les dicotylédones buissonnantes.

- Le traitement est réalisé à l'aide de pulvérisateurs à rampes portés par un tracteur de 80 CV (1,8 à 2,3 ha traité/heure ; 0,2 à 0,3 hommes/jour/ha). Le tracteur avance à 3,5 km/h et épand 240 l de bouillie par hectare traité pour une pression liquide de 1,5 kg/cm2.

- La plantation peut être effectuée 1 mois après traitement. L'effet du traitement permet de retarder d'environ 6/7 mois les premiers entretiens. Cela permet d'économiser 2 à 3 entretiens manuels/mécaniques au cours de la première année de végétation.

- Les traitements de contrôle de la végétation adventice

- La végétation doit atteindre une hauteur d'environ 40 cm lors du traitement pour permettre une bonne efficacité des herbicides de contact. De fait,l'application de l'herbicide est réalisée 1 mois environ après rabattage mécanique ou manuel de la végétation adventice.

- Les matières actives retenues pour le traitement des interlignes sont le M.S.M.A. (Mono Sodium Methyl Arsenate) additionné de 2,4 D (acide 2,4 dichlorophenoxyacétique) à la dose de 2,9 + 1,1 kg M.A./ha lorsque la flore adventice est composée par un mélange de dicotylédones et de monocotylédones.

- Sur dicotylédones, et plus spécialement sur Eupatorium, les matières actives retenues sont le PICHLORAME additionné de 2,4 D (0,13 + 0,48 à 0,26 + 0,96 kg matière active/ha) ou le TRICHLOPYR + 2,4 D (0,2 + 0,86 kg matière active/ha).

- Sur flore graminéenne, la matière active retenue est le DALAPON (6, 5 kg M.A./ha).

Pour le traitement des andains colonisés par les dicotylédones arbustives et/ou l'Eupatorium, les meilleurs résultats sont obtenus par pulvérisation à la lance (pulvérisateur porté sur tracteur) d'une solution de PICHLORAME + 2,4 D (0,16/0,23 + 0,6/0,9 kg M.A./ha) ou de TRICHLOPYR (0,5 kg M.A./ha) à raison de 350 litres d'eau par hectare traité.

- Les plants forestiers doivent avoir une taille suffisante pour que leur appareil foliaire ne puisse pas être en contact avec les herbicides. Ce type de traitement ne peut être préconisé que lorsque les branches les plus basses sont à environ 1 - 1,50 m de hauteur. Toute pulvérisation sur les tiges est à proscrire. Compte tenu des risques de phytotoxicité, les précautions à respecter sont les suivantes :

  - Pulvérisation dirigée à basse pression.

  - Plantations traitées de hauteur suffisante et à tronc bien aoûté.

  - Absence de vent lors des traitements.

Le traitement est réalisé à l'aide de pulvérisateurs à dos ou portés par des tracteurs à raison de 300 litres d'eau par hectare. Il permet l'économie de plusieurs passages en entretien traditionnel (rouleau broyeur + machette). L'utilisation du mélange PICHLORAME + 2,4 D entraîne une modification de la nature de la flore adventice au profit des monocotylédones (*Brachyaria, Paspalum,* ...).

L'intérêt de l'utilisation des herbicides est fonction de leur coût d'application. De fait, une analyse périodique de la rentabilité de tels traitements doit être effectuée pour tenir compte de l'évolution parfois rapide des coûts.

* Méthode préconisée

L'alternance des traitements chimiques et mécaniques permet le contrôle efficace des adventices.

Avant la plantation, un traitement en préémergence permet de retarder leur installation.

La première année, la faible taille des plants ne permet pas l'utilisation des herbicides, sauf sur les andains, le dégagement des lignes et interlignes sera manuel et/ou mécanique.

A partir de la deuxième année, rabattage manuel/mécanique de la végétation et contrôle par les herbicides seront combinés en fonction de la nature de la végétation.

Il est important en effet de maintenir un équilibre entre :

- Le contrôle de la croissance des adventices.
- L'existence d'une strate ligneuse et/ou herbacée la plus continue possible réduisant les phénomènes d'érosion.

342 L'élagage artificiel

Employé pour obtenir du bois d'oeuvre à noeuds petits et sains, pour les espèces dont l'élagage naturel est déficient, cette opération contribue à améliorer la qualité des bois récoltés.

L'élagage artificiel ne peut être préconisé que pour des espèces pour lesquelles une augmentation de l'éclairement du tronc ne provoque pas le développement de bourgeons épicormiques.

Cette opération consiste à supprimer les branches mortes et/ou vivantes sur une portion de la partie inférieure du fût. Elle doit être précoce pour optimiser la production de bois dépourvu de noeuds de grosse taille.

L'élagage est réalisé manuellement en évitant les blessures de fût et les arrachages d'écorce. Le matériel d'élagage idéal est du type scie (à main ou à manche) ou sécateur (à manche).

L'élagage est réalisé, de préférence, en saison sèche. La hauteur maximale d'élagage en plantations industrielles est de 6 à 7 m, taille qui correspond à la limite de manutention d'une échelle rigide monobloc dans une parcelle de plusieurs dizaines d'hectares.

L'élagage artificiel est une opération facultative, laissée à la discrétion du sylviculteur.

L'intervention comporte deux à trois passages successifs qui, pour des motifs de rationalisation, sont à coupler avec les interventions sylvicoles.

- Le premier élagage est précoce (2 à 4 ans). Il concerne tous les arbres sur une hauteur de 2 à 5 mètres qui correspond à une hauteur élaguée n'excédant pas la moitié de la hauteur totale.

- Après désignation des arbres de place et éclaircie, les opérations d'élagage artificiel ultérieurs ne concerneront que les arbres d'avenir. La hauteur élaguée correspond, au maximum, aux 2/3 de la hauteur totale.

En ce qui concerne le calendrier et le rythme des opérations d'élagage artificiel, ils doivent être modulés en fonction des caractéristiques de chaque espèce (architecture, croissance, ...).

La chronoséquence provisoire suivante peut être proposée :

	Fraké	Framiré	Samba	Cedrela
1er élagage	2 ans	2 ans	4 ans	4 ans
2ème élagage	4 ans	4 ans	7 ans	6 ans
3ème élagage	7 ans	7 ans	-	-

343 Les éclaircies

Le régime des éclaircies est basé sur les résultats des différents dispositifs expérimentaux du CTFT (CCT-Plots, dispositifs de contrôle de la surface terrière, Marynen, Nelder, etc, ...).

Compte tenu de la valeur importante des accroissements enregistrés, le régime des éclaircies des plantations monospécifiques se caractérise par :

- des éclaircies précoces.

- des prélèvements en éclaircie souvent importants.

- un rythme d'éclaircie permettant de ramener, le plus rapidement possible le peuplement à écartement définitif.

Ce régime d'éclaircie correspond à une sylviculture axée sur une production maximale en fin de révolution ; la relation qualité du bois/vitesse de croissance n'est pas quantifiée.

En règle générale, les éclaircies sont réalisées par le bas au profit des arbres dominants.

Pour les peuplements monospécifiques, la structure du peuplement définitif est le plus souvent de type monostrate ; les arbres dominés sont en effet éliminés lors des éclaircies. La densité finale est telle que l'écartement des arbres annule ou réduit considérablement la concurrence entre les individus.

Un des problèmes des éclaircies est l'utilisation de leurs produits dont les dimensions sont faibles.

Actuellement, on peut distinguer plusieurs options, en fonction de la nature et de la dimension des produits d'éclaircie :

- Pour les premières éclaircies des plantations de bois d'oeuvre à moyenne révolution (Fraké, Framiré, Cedrela, ...) caractérisées souvent par un bois de faible durabilité ou de faible pouvoir calorifique, aucune utilisation n'est envisagée à court terme.

- Si le bois a une bonne durabilité ou un bon pouvoir calorifique (Teck, Badi, etc, ...), les produits peuvent être utilisés comme bois-énergie ou bois de service (piquets, perches, ...).

- Pour les éclaircies permettant de mobiliser des tiges de diamètre supérieur à 20 cm, la production de poteaux ou de petits sciages est envisageable ; cette possibilité reste toutefois tributaire des débouchés des marchés locaux.

344 La désignation d'arbres de place

Pour optimiser les interventions sylvicoles, un certain nombre de tiges peuvent être désignées pour constituer le peuplement d'avenir. Le nombre d'arbres à désigner varie en fonction de l'espèce. Il correspond souvent à la densité finale majorée du nombre d'arbres à récolter en dernière éclaircie.

L'époque de désignation des arbres de place est fonction des modalités de croissance de chaque espèce : il est, en effet, nécessaire que l'architecture définitive de l'arbre soit suffisamment exprimée (ramification, fourchaison, ...) pour opérer le choix des arbres d'avenir qui fourniront, en produits intermédiaires et finaux, du bois d'oeuvre.

Après désignation des arbres de place, les opérations sylvicoles (éclaircies, élagages) sont réalisées en priorité au profit des tiges désignées.

Le choix de ces tiges est fonction de deux paramètres :

- leur phénotype qui doit être optimum.

- leur équipartition sur la totalité de la surface de la parcelle.

A titre indicatif, pour quelques espèces de reboisement à moyenne et longue révolution, les propositions sont les suivantes :

Espèces	Framiré	Fraké	Cedrela	Samba	Gmelina	Teck
. Densité finale (tiges/ha)	70/90	70/90	100/120	100/120	90/100	100/160
. Diamètre d'exploitabilité (cm)	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	45/55
. Age de prédésignation (ans)	4	4	6	4	6	10
. Nombre de tiges à désigner (tiges/ha)	200	200	200	200	200	250

En ce qui concerne les modalités d'éclaircie, il est parfois nécessaire de se préoccuper de la création de chemins de vidange pour les produits récoltés.

Si la disparition totale des andains par décomposition naturelle est réalisée une dizaine d'années après la plantation, il est recommandé d'utiliser ceux-ci comme chemins de vidange.

Dans le cas contraire (accumulation de gros bois de bonne durabilité), on peut prévoir de pratiquer une éclaircie systématique de la ligne centrale lors de la première intervention. Dans ce cas-là, la démarche suivante peut être proposée :

- Eclaircie systématique pour l'ouverture des chemins de vidange (une ligne centrale) lors de la première opération,

- Désignation d'arbres de place,

- Pour les éclaircies ultérieures, suppression progressive des tiges non sélectionnées par éclaircie sélective, favorisant l'obtention de produits intermédiaires et finaux de qualité optimum.

35 Paramètres dendrométriques

Les règles culturales énoncées pour chacune des essences décrites dans ce document sont établies sur la base de multiples données récoltées tout au long de la vie des peuplements concernés. Des mesures répétées ont été prises sur des arbres de dispositifs expérimentaux ou de peuplements industriels.

Le propos n'est pas ici de développer toute l'approche théorique et méthodologique de la description dendrométrique des peuplements, ni de l'élaboration des outils de gestion. Ces informations sont traitées de manière approfondie dans de nombreux ouvrages spécialisés (voir bibliographie).

Il paraît néanmoins nécessaire de rappeler quelques bases de travail et l'essentiel cheminement qui a permis la mise au point des règles sylvicoles.

351 Caractéristiques dendrométriques des peuplements

Les grandeurs mesurées ou calculées répondent aux définitions généralement usitées dans ce domaine et sont décrites avec leurs symboles normalisés. A savoir :

- La station est une "étendue de forêt, homogène dans ses conditions écologiques et son peuplement, dans laquelle on peut pratiquer la même sylviculture et espérer pour une essence donnée, une production comprise entre des limites déterminées (PARDE-BOUCHON-1988).

- L'indice de productivité" ("Ip") est la principale caractéristique de cet ensemble homogène qu'est la station. La valeur de cet indice quantifie la possibilité intrinsèque de production ligneuse, autrement appelée capacité xylogénique ou aussi degré de fertilité. Cette possibilité de production est surtout régie par la nature du sol, mais aussi par d'autres facteurs soit liés au climat (pluviométrie, hygrométrie, insolation, ...), soit au peuplement lui-même (provenance des graines, préparation du terrain, cadence des entretiens, passage de feux accidentels, etc ...).

- La densité du peuplement : N est le nombre de tiges sur pied, ramené à l'hectare.

- L'âge du peuplement : "t", exprimé en années complètes représente le nombre de saisons de végétation (1) qui se sont écoulées depuis la mise en place des plants sur le terrain.

- La surface terrière "g" est la somme des sections transversales à 1,30 m du sol, de tous les arbres du peuplement. Elle s'exprime en m2, ramenée à l'hectare :

$$G = \frac{\Sigma C^2}{4 \pi}$$

avec C = circonférence individuelle à 1,30 m.

C'est une valeur utile pour suivre l'évolution du peuplement dans son ensemble. Elle permet de définir un état du peuplement pour une espèce donnée et de comparer rapidement des peuplements entre eux. Le ralentissement de sa croissance traduit une "saturation" de la capacité de production d'une plantation et induit alors une intervention en éclaircie.

---

(1) Une saison de végétation comprend bien les deux saisons des pluies quand le régime est ainsi réparti.

- La hauteur dominante est étroitement liée à la qualité de la station, donc à l'indice de productivité dont elle permet le calcul. Le symbole normalisé est "H dom" mais pour plus de facilité nous emploierons ici "Hd".

Elle représente la valeur moyenne, en mètres, des hauteurs des 100 plus gros arbres à l'hectare. Elle est d'autant plus intéressante qu'elle est peu atteinte par l'intervention en éclaircie ; surtout quand celle-ci s'effectue par le bas aux dépens des petites et moyennes tiges.

- La hauteur moyenne du peuplement "Hg" est définie par la hauteur de "l'arbre moyen" de ce peuplement qui est, artificiellement, l'arbre de surface terrière moyenne. Sa section à 1,30 est égale à :

$\frac{G}{N}$ (G : surface terrière ; N : nombre de tiges/ha)

Cette grandeur est très proche de la hauteur dominante mais diffère de cette dernière par le fait que l'éclaircie par le bas, la fait varier positivement. C'est une caractéristique du peuplement, qui dépend donc de la sylviculture pratiquée. Il en est de même pour :

- La circonférence et le diamètre moyens du peuplement, notations respectives : Cg et Dg, correspondant à 1,30 m de l'arbre de surface terrière moyenne.

$$Cg = \sqrt{\frac{\Sigma C^2}{N}} \qquad \text{et } Dg = \frac{Cg}{\pi} \qquad \text{avec :}$$

ΣC^2 = somme des circonférences au carré de N arbres/ha

La norme internationale veut que la circonférence d'un arbre soit mesurée à 1,30 m du sol. Dans les plantations de Teck, en Côte d'Ivoire, les premiers prélèvements ont eu lieu à 1,50 m. Il a donc été nécessaire de conserver (provisoirement) ce dernier niveau de mesure pour maintenir la cohérence des données au cours de l'établissement des tables de production.

La valeur souvent utilisée pour la circonférence moyenne :

$$C = \frac{\Sigma C}{N}$$

légèrement inférieure à Cg et de façon systématique, est à écarter car son utilisation entraîne (entre autres)) une sous-estimation ultérieure de G.

<u>Le facteur d'espacement "S"</u> exprime, en pourcentage, le rapport de l'espacement moyen entre les arbres à la hauteur dominante du même ensemble.

$$S\ \% = \frac{e}{H\ d} \times 100$$

"e" découle de la densité résiduelle N du peuplement

$$e = \sqrt{\frac{10\ 000}{N}} \quad \text{ou} \quad e = 100.\left(\frac{1}{N}\right)^{0,5}$$

en supposant une répartition en carré,

$$\text{alors} \quad S\ \% = \frac{10\ 000}{H\ d}\left(\frac{1}{N}\right)^{0,5}$$

N.B. : Le calcul du facteur d'espacement varie suivant les auteurs, il devient :

$$e' = \sqrt{\frac{10\ 000}{N \times 0,866}}$$ en admettant le principe d'une répartition en hexagone.

L'une ou l'autre des valeurs peuvent être indifféremment utilisées puisque leur rapport est constant $e/e' = 0,931$

La valeur suivant la répartition au carré a été retenue dans ce qui suit du fait de la simplicité de calcul.

Ce facteur constitue une caractéristique essentielle de peuplement, beaucoup plus objective que la simple densité à un âge donné, car il décrit un état de ce peuplement à un stade de développement bien précis (exprimé par Hd) intégrant simultanément la fertilité de la station et l'âge de la plantation.

Le facteur d'espacement définit, pour ainsi dire, une structure du peuplement (il diminue avec le temps) et quantifie l'intensité de l'éclaircie (variation positive avec l'élimination de tiges).

La production de bois, qui est l'objectif de ces reboisements, s'exprimera par des volumes de bois et des accroissements.

Plusieurs types de volumes, peuvent être évalués en fonction des objectifs. Le chercheur utilisera toute une gamme de grandeurs pour décrire les potentialités des peuplements : volume total, volume fût, volume bois fort, volume bois fort tige, volume biomasse ligneuse, volume bois d'oeuvre, etc ...

L'aménagiste, plus préoccupé par une production bien définie, en l'occurrence le bois d'oeuvre, se limitera aux expressions liées aux contraintes technologiques et économiques comme :

- Le volume bois fort (noté, ici VBF) qui est le volume sur écorce (tige + branches) depuis la découpe inférieure (ras du sol si l'arbre ne présente pas de déformation à la base) jusqu'à la découpe supérieure de 22 cm de circonférence (7 cm de diamètre).

- Ainsi, le volume sur pied du peuplement "V" correspond au volume bois fort cumulé de tous les arbres sur pied (avant ou après éclaircie) ramené à l'hectare, exprimé en m3/ha.

- Le volume d'éclaircie, correspond au volume bois fort, exprimé en m3/ha, des seuls arbres retirés par l'éclaircie.

- Le volume bois d'oeuvre (noté, ici VBO), en m3/ha, est le volume sur écorce compris entre le pied de l'arbre et la découpe supérieure de 30 cm de diamètre. Il correspond aux exigences des usages courants du bois d'oeuvre (sciage, tranchage, déroulage).

- La production totale "Vtot", à un âge donné, est la somme du volume sur pied "V" à cet âge et du cumul des volumes extraits lors des éclaircies antérieures. Elle est exprimée également en m3/ha.

- L'accroissement moyen annuel" "im" est la moyenne annuelle de la production totale depuis la première année d'existence du peuplement, soit :

$$im = \frac{V\ tot}{t}$$ exprimé en m3/ha/an ; avec t = âge, en années.

- L'accroissement courant annuel représente la moyenne annuelle de la production totale au cours d'une période précise de la vie de peuplement, couvrant une ou plusieurs années, par exemple entre l'âge x et l'âge y :

$$i\ x.y = \frac{V\ x.y}{x - y} \quad \text{avec}$$

$$V\ x.y = V \text{ tot à l'âge } y - V \text{ tot à l'âge } x$$

L'accroissement moyen exprime un rendement global, l'accroissement courant montre une image ponctuelle de la production à un âge donné.

352 Les tarifs de cubage

L'aménagiste est toujours confronté à un problème d'évaluation de production matière, intermédiaire et finale, d'un objet physique déterminé par les objectifs dévolus aux peuplements (bois d'oeuvre, bois fort, bois de trituration, etc ...). Par ailleurs, la quantification des accroissements courants et moyens de cette matière sont des indicateurs indispensables pour la gestion.

Il lui faut donc pouvoir évaluer rapidement les volumes appropriés, aux différentes époques de la vie du peuplement.

Pour ce faire, des tarifs de cubage sont établis sur la base de données prélevées sur des peuplements existants.

* Mesure du volume des arbres

La mesure du volume des arbres a été réalisée soit sur des arbres sur pied, par grimpage, soit sur des arbres abattus. Le volume total choisi est calculé par cumul des volumes de billons fictifs, généralement de 1 m de long.

Ce volume est fonction de la découpe adoptée, elle peut être :

- de dimensions :
  + découpe bois fort, 7 cm de diamètre
  + autres dimensions, 20 cm, 25 cm, 30 cm, etc ...

- de forme :

+ découpe à la couronne, située à l'origine d'une fourche ou d'un verticelle de grosses branches. Elle définit un volume fût.
+ découpe marchande. Elle correspond à la limite jusqu'à laquelle il est possible d'obtenir du bois d'oeuvre marchand.

La mesure du diamètre ou de la circonférence de référence est effectuée à 1,30 m de hauteur. Pour certaines essences, lorsque la hauteur des contreforts atteint ou dépasse 1,30 m, la circonférence est mesurée au-dessus de la fin des contreforts, elle est alors considérée comme paramètre de référence.

Les mesures sont faites sur écorce et les volumes calculés correspondent donc à des volumes sur écorce.

* Calcul des tarifs

Pour chacune des essences étudiées, des tarifs de cubage ont été établis pour les différents objectifs de recherche et d'aménagement.

Les méthodes d'établissement de ces tarifs avec les choix et contraintes mathématiques sont parfaitement décrites dans les ouvrages spécialisés auxquels le lecteur devra bien se référer. Pour les études spécifiques, les détails sont accessibles dans les documents de travail du CTFT concernant l'étude sylvicole des essences pour lesquelles il existe beaucoup de données, surtout dans le temps.

Les formules les plus simples et fiables choisies, qui n'entrainent pas de biais systématique, sont de type parabolique :

$V = a + b D^2$

ou $V = a + b D + c D^2$

V : exprimé en m3

D : diamètre à 1,30 m exprimé en m

Si, à l'oeil, les courbes correspondant à ces deux formules ne montrent pas de différence, sur le plan du biais, il faut prendre le modèle qui est le plus simple, pour autant que l'autre n'ait pas un écart-type des résidus nettement plus faible (CAILLIEZ-BLANC 1979).

Les modèles sont généralement ajustés par régression pondérée. Comme on le voit, il s'agit essentiellement de tarifs à une entrée. Pour l'aménagiste il faut en effet concilier la précision de son outil d'évaluation avec l'aspect économique de ses opérations. Il doit, souvent sur de grandes surfaces, obtenir rapidement des informations quantitatives fiables, il lui faut donc fréquemment réduire les temps de mesure. Les recherches ont montré que le choix de tarifs à deux entrées, diamètre et hauteur, n'apportaient pas, pour l'aménagiste, de précisions supplémentaires justifiant l'augmentation du coût des opérations de terrain.

* Utilisation des tarifs de cubage

Pour chaque essence, les tarifs sont construits à partir d'un nombre assez restreint d'arbres échantillons. Ceux-ci déterminent les domaines de validité des tarifs qui ne peuvent alors être utilisés qu'à l'intérieur des li- mites ainsi définies.

Lorsque des tables de production peuvent être construites (Teck, Fraké, Framiré, ...) l'élaboration des tarifs en est généralement l'étape ultime.. Ces tarifs ont alors des domaines de validité liés à une fourchette de dimension et à une classe de fertilité bien caractérisée.

Le choix du tarif par l'utilisateur est fonction de l'objectif qu'il s'assigne.

Le volume bois fort largement utilisé comme base de travail dans ce texte, représente une référence à caractère conventionnel.

Généralement le volume fût fournit des valeurs beaucoup plus proches du volume effectivement mobilisable en bois d'oeuvre. Quand on connaît bien les limites techniques d'utilisation de la matière première bois, il est recommandé d'utiliser un volume à la découpe de dimension. En l'occurrence, le volume bois d'oeuvre correspond à la découpe 30 cm de diamètre.

353 Les tables de production

L'aménagiste a pour rôle d'évaluer et planifier la production des peuplements qu'il gère. Il doit donc avoir à sa disposition des informations ponctuelles (inventaire, tarifs de cubage, ...) et un outil de quantification prévisionnelle. La table de production répond à cet objectif.

C'est un tableau d'évolution probable dans le temps d'un peuplement équienne d'une seule essence, permettant d'estimer en fonction de l'âge et de la hauteur dominante certaines de ses caractéristiques dendrométriques présumées (nombre de tiges, surface terrière, diamètre moyen, volume, accroissement, ...) et ceci, aussi bien pour le peuplement restant sur pied que pour les éclaircies successives.

Les données sont ramenées à l'hectare et fournies suivant un intervalle de temps fixe ou correspondant à la rotation des éclaircies.

Les tables de production sont établies :

- par essence

- et pour chaque essence, par zone climatique.

Dans une zone climatique homogène, il est distingué des "classes de fertilité" successives pour lesquelles, l'évolution moyenne de peuplements soumis à une sylviculture donnée est décrite.

Ces tables, qui sont applicables dans leur région d'établissement, donnent des valeurs probables suffisamment précises pour :

- élaborer une réflexion sur la croissance et le comportement d'une essence en peuplement ;

- servir de support à l'aménagement d'un massif ou à des études économiques régionales.

353.1 Construction de la table de production provisoire

Le degré d'élaboration d'une table de production est fonction de la nature des données disponibles. Les données sont collectées au sein de placeaux permanents et temporaires installés dans des peuplements représentatifs de différents stades de sylviculture.

Il est ensuite possible de construire un modèle de simulation de croissance qui permet de prédire l'évolution d'un peuplement soumis à la sylviculture moyenne.

Le caractère provisoire de ces tables est lié à l'extrapolation de certaines courbes ; ceci en particulier pour des classes d'âges non encore représentées dans certaines classes de fertilité.

Les tables de production ne concernent que les peuplements réguliers constitués d'une seule essence. Elles ne peuvent être appliquées à des peuplements en mélange où existent des conditions de croissance complexes non encore étudiées.

Les tables sont établies dans une région géographique donnée. Leur utilisation en dehors de leur zone d'élaboration doit être effectuée avec beaucoup de prudence. En effet, la modification des conditions du milieu de croissance des peuplements n'est pas sans influence sur les modalités de croissance des arbres.

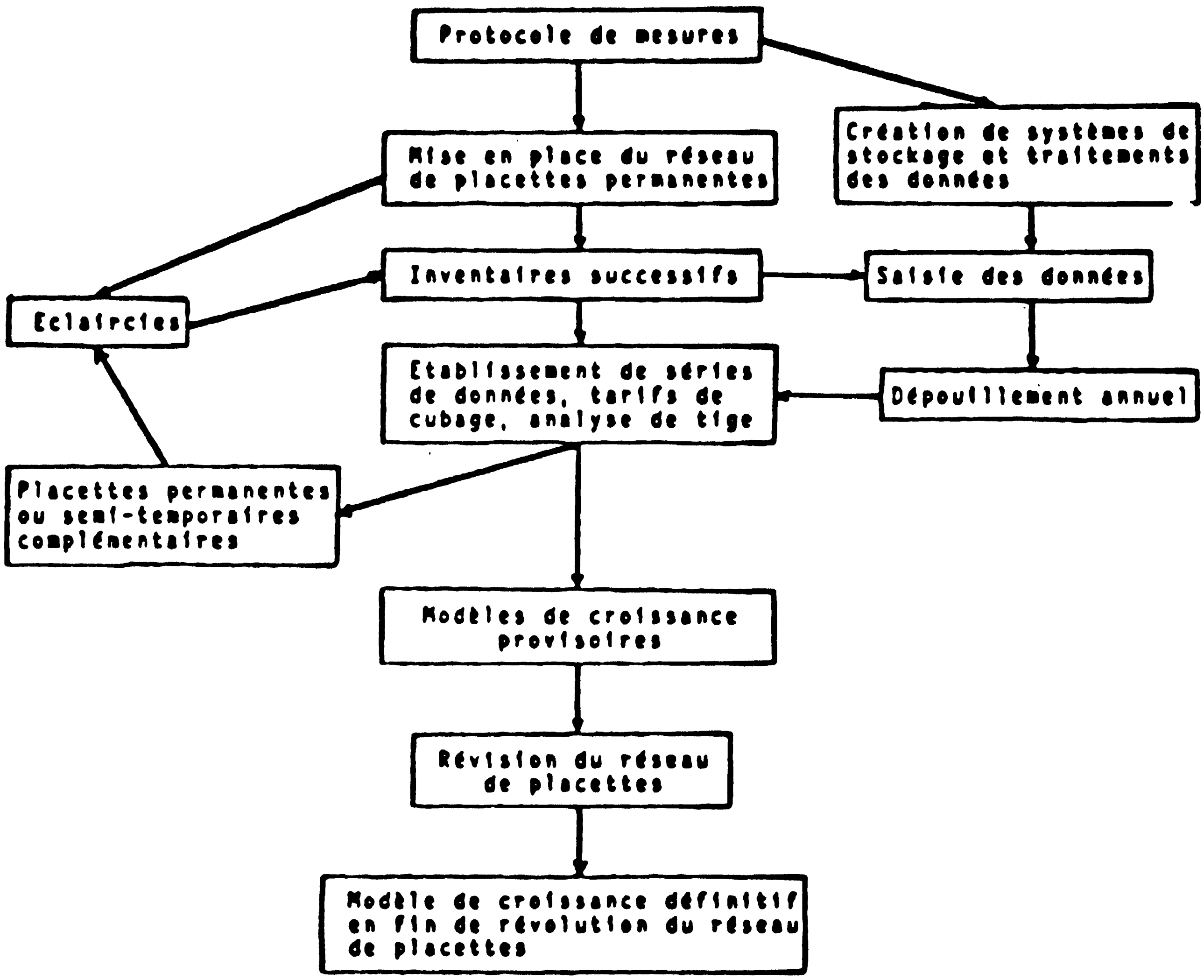
Les valeurs portées dans les tables sont des valeurs moyennes. Elles

représentent les tendances évolutives moyennes de la croissance d'une espèce donnée, en peuplements équiennes purs, dans une zone géographique donnée.

Les variations de comportement et de traitements sylvicoles sont prises en considération dans les limites de l'échantillonnage mis en place. Les tables ainsi élaborées ne pourront pas rendre compte de variations locales de croissance circonscrites à de faibles surfaces : le but de l'échantillonnage est de dégager des tendances moyennes pour lesquelles l'importance de l'influence des cas particuliers est réduite.

Les différentes fonctions décrivant l'état du peuplement sont construites à partir d'un mélange d'observations faites avant, après et entre les éclaircies.

ORGANIGRAMME DES OPERATIONS DE CONSTRUCTION DES TABLES DE PRODUCTION



La méthode de construction des tables de production repose sur les lois empiriques suivantes :

1/ La production rapportée à l'unité de surface d'un peuplement équienne est en corrélation étroite avec sa hauteur dominante, et la production totale en volume atteinte pour une hauteur dominante donnée n'est pas influencée par le nombre d'années requis pour atteindre cette hauteur (PARDE 1961).

De ce constat, il découle la possibilité de classification des peuplements en fonction de la hauteur dominante à un âge donné avec définition de classes de productivité.

2/ L'accroissement en surface terrière et en volume d'un peuplement équienne reste identique dans un vaste éventail de modes d'éclaircies différents (PARDE 1961). Ou d'une manière plus restrictive (hypothèse de MARSH) : "Dans un type de station donné, l'accroissement d'un peuplement éclairci ayant N tiges/ha et de surface terrière G (ou de volume V) est égal à celui d'un peuplement non éclairci ayant toujours eu N tiges/ha à l'âge où il atteindrait, avec ses N tiges/ha, la surface terrière G (ou le volume V)".

Il est donc possible, à partir d'un ensemble de sylvicultures appliquées aux peuplements, de procéder à des extrapolations des lois de croissance pour une intensité d'éclaircie théorique intermédiaire entre deux intensités d'éclaircie consécutives effectivement appliquées aux peuplements échantillonnés.

La méthode de construction utilisée est celle élaborée par DECOURT (1972). Elle considère trois systèmes de relation :

<u>Relation indépendante de la sylviculture</u>

Ho : (Age, Fertilité)

Pour les espèces à moyenne révolution, la densité finale est en règle générale de l'ordre de 70-90 tiges/ha. En conséquence, il faut reconsidérer la définition traditionnelle de la hauteur dominante (hauteur moyenne des 100 plus grosses tiges/ha) en fonction de la densité des peuplements après la dernière éclaircie.

La hauteur dominante est définie comme la hauteur moyenne des 50 plus gros arbres à l'hectare. La hauteur dominante à un âge donné est un bon indicateur de la fertilité de la station. A ce titre, elle permet la définition de classes de productivité.

Relations dendrométriques :

Hg : (HO, densité)

La hauteur moyenne est une fonction de la densité et de la fertilité de la station. Pour une densité et un âge donnés, la hauteur moyenne sera d'autant plus forte que la station est plus fertile. De la même façon, un peuplement dense, sur une station donnée, à un âge donné, comptera davantage d'arbres dominés que s'il avait fortement éclairci.

Cette relation traduit l'influence de la station et de la sylviculture sur la hauteur moyenne des arbres.

Cg : (Hg, densité)

La circonférence moyenne est corrélée à la hauteur moyenne et à la densité. Cette relation reflète l'influence des éclaircies sur la croissance en circonférence des peuplements pour une fertilité donnée. Dans un peuplement, selon qu'il est éclairci avant l'apparition de la concurrence ou pas, l'accroissement moyen en circonférence des arbres sera favorisé ou réduit, ceci dans les limites biologiques de croissance propres à chaque espèce.

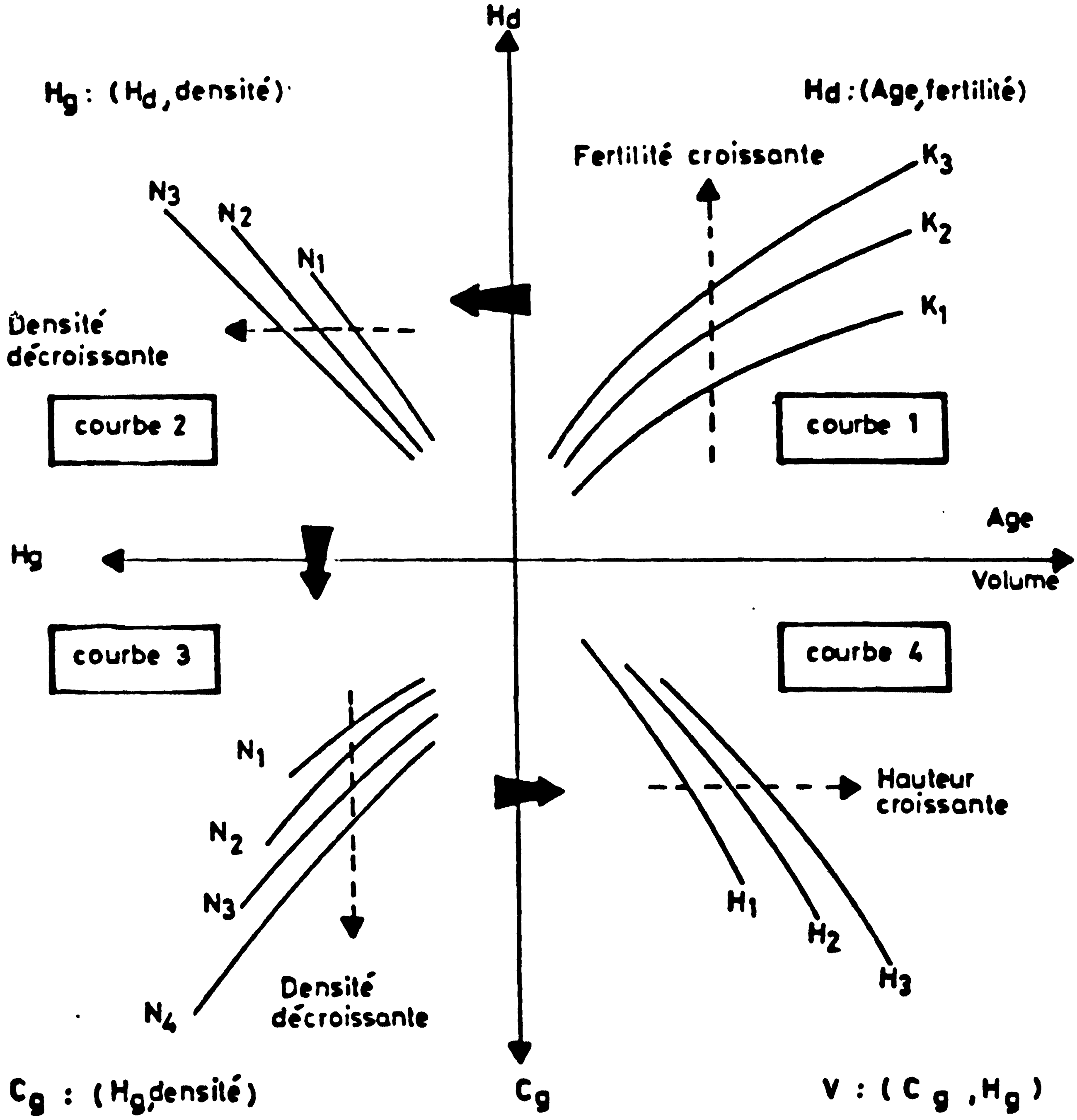
V : (Cg, N)

L'établissement d'un tarif de cubage est indispensable pour l'évaluation des volumes de bois aux différents moments de la vie du peuplement.

Normes de sylviculture

Elles définissent les éclaircies sur le plan quantitatif et qualitatif dans le but de guider le sylviculteur. Les points suivants sont notamment précisés à l'aide des paramètres dendrométriques usuels :

- les seuils d'intervention en éclaircie (G, S %, HO),
- l'intensité des différentes éclaircies (Ge, Ne),
- et leur rotation (A).



Diagrammes en chaine représentatifs d'une table de production.

353.2 Etablissement des différentes relations

Relation Hd (Age, fertilité)

Cette relation est souvent la plus délicate à obtenir : elle est traditionnellement établie par le biais des mesures successives, devant plusieurs années, au sein de placettes permanentes. Mais, souvent l'insuffisance des données issues des dispositifs permanents nécessite d'envisager des méthodes permettant une estimation rapide et ponctuelle de la variation de la hauteur dominante dans le temps. C'est dans ce but qu'il est procédé à des analyses de tige.

La construction du faisceau de courbes de fertilité, image de la relation hauteur/âge/indice de fertilité, utilise les méthodes de régressions multiples.

Ces méthodes sont utilisables pour l'ajustement d'un faisceau de courbes de fertilité lorsqu'on peut déterminer l'indice de fertilité "Ip" ou la classe de fertilité de chaque placette avant d'ajuster le modèle.

Cet indice de productivité est un descripteur synthétique qui exprime les potentialités d'un peuplement donné avec une histoire propre, dans un lieu défini.

Relation hauteur moyenne (hd, N)

La hauteur moyenne d'un peuplement à un âge donné est fonction, d'une part de la fertilité de la station et d'autre part de la densité de peuplement sur pied.

A un âge donné pour des stations de fertilité données, la hauteur moyenne sera d'autant plus forte que le peuplement est éclairci. Le feu des éclaircies s'exerce le plus souvent sur les arbres dominés et agit donc positivement sur la moyenne des hauteurs totales des arbres conservés sur pied.

Evolution de la circonférence (hg, N)

La croissance moyenne en circonférence (C 1,30) d'un peuplement est influencée par la fertilité de la station et par la sylviculture appliquée au peuplement concerné.

Les tarifs de cubage V (Hg, Cg, N)

Ce sont généralement des tarifs bois fort souvent des coefficients sont calculés pour passer du volume bois-fort aux volumes correspondant à des découpes différentes.

353.3 Description de la sylviculture pratiquée

Les normes de sylviculture définies pour chaque essence sont variables en fonction d'un certain nombre de facteurs écologiques, techniques et économiques. Elles sont à considérer comme des indications propres à orienter mais non à contraindre les travaux du sylviculteur.

Pour décrire pratiquement une sylviculture appliquée à une essence donnée, il est nécessaire de préciser les points suivants :

- la densité de plantation qui permet d'obtenir une bonne conformation générale des jeunes plantations avec apparition d'un "effet peuplement" précoce ;

- les moments d'intervention en éclaircie. Ils peuvent être définis par des seuils limites de l'âge, de la hauteur dominante ou moyenne, de l'accroissement moyen de ces hauteurs, etc ... Lorsque ces valeurs limites sont atteintes, l'éclaircie est réalisée ;

- l'intensité des interventions. Il s'agit du nombre de tiges à laisser sur pied lorsque le peuplement atteint une hauteur dominante donnée. Le facteur de Hart-Becking peut être ici utilisé ;

- la nature des éclaircies qui est caractérisée par le rapport K :

$$K = \frac{\text{Volume moyen de l'arbre enlevé en éclaircie}}{\text{Volume moyen de l'arbre avant éclaircie}}$$

pour une intensité d'éclaircie donnée, l'éclaircie est d'autant plus par le haut que K est plus grand.

- la durée de la révolution en fonction du diamètre d'exploitabilité. La valeur du diamètre d'exploitabilité conditionne le nombre de tiges à conserver sur pied après la dernière éclaircie. Cette dernière éclaircie sera d'autant plus intense que le diamètre d'exploitabilité est plus élevé : "l'espace vital" nécessaire au développement optimum d'un arbre augmente au fur et à mesure de sa croissance.

L'optimisation de ces paramètres est un compromis entre les caractéristiques de chaque essence, en particulier ses réactions aux variations d'éclairement (port, élagage, émission de bourgeons épicormiques) et les contraintes technologiques et économiques.

Les éclaircies peuvent être décrites à travers les paramètres suivants :

- La hauteur dominante avant l'éclaircie,

- Le nombre de tiges avant et après éclaircie qui peut être précisé par le facteur d'espacement avant et après éclaircie :

$S = e/Hd$ avec $e = (10\ 000/N)1/2$

Ce facteur par le biais de la hauteur dominante permet d'intégrer la fertilité de la station et l'âge du peuplement.

- Le taux de prélèvement en surface terrière :

$$g = \frac{\text{surface terrière du peuplement avant éclaircie}}{\text{surface terrière du peuplement après éclaircie}}$$

Ces relations sont établies à partir des dispositifs d'étude de la concurrence et de modalités des éclaircies.

L'intégration des contraintes économiques à la sylviculture proposée est réalisée au niveau de la nature des produits mobilisés en éclaircie et du taux de rentabilité adopté qui détermine le diamètre d'exploitabilité pour une fertilité donnée.

353.4 Mise au point des tables de production

La construction des tables de production est réalisée par étapes en fonction des données disponibles.

* Les tables intermédiaires

C'est la première étape qui permet de proposer des règles de sylviculture pour une espèce donnée. Ces tables décrivent les peuplements soumis à une sylviculture expérimentale a priori.

La modélisation réalisée est de type statique, elle ne permet q'une extrapolation très limitée. L'état du peuplement est exprimé en fonction de l'âge, de la classe de fertilité et de l'histoire du peuplement.

Ces méthodes sont statiques en ce sens que les éclaircies ne jouent aucun rôle moteur dans le modèle et que l'on ne peut y faire varier la sylviculture que selon quelques types de traitements bien caractérisés déjà présents dans les données (ALDER 1980).

* Les tables provisoires

Lorsque la quantité de données disponibles est suffisante et représente un certain nombre de cas de figure différents (placettes permanentes suivies pendant plusieurs années), il est possible de construire un modèle de simulation statique permettant de prédire avec précision l'accroissement des peuplements soumis à des traitements sylvicoles variés.

Les tables de production provisoires permettent en particulier la modélisation de différents régimes d'éclaircie en fonction de la fertilité.

Le caractère provisoire de ces tables est lié à l'extrapolation de certaines courbes ; ceci en particulier pour des classes d'âge non encore représentées dans certaines classes de fertilité.

* Les tables définitives

L'application de types de sylviculture à l'intérieur d'un système de placettes permanentes conduites jusqu'en fin de révolution permet l'établissement de tables définitives sans extrapolation pour certains traitements comme cela existe dans les tables provisoires : la simulation de croissance est réalisée à l'intérieur de modèles statiques de sylviculture, le facteur temps est un paramètre contrôlé depuis la plantation jusqu'en fin de révolution.

Les modèles proposés peuvent être dynamiques : ils sont aussi basés sur la prévision de l'accroissement courant en diamètre moyen, en surface terrière ou en volume en fonction de la densité du peuplement, de son âge et de la fertilité. Pour faire ces prévisions de production, on est amené soit à intégrer mathématiquement la fonction accroissement, soit à sommer par itération au fil des années. Les modèles dynamiques nécessitent toutefois un grand nombre de données avec une bonne représentation de densités extrêmement différentes pour que le modèle puisse expliciter les effets de la densité.

353.5 <u>Limites de validité des tables de production</u>

Les tables de production ne concernent que les peuplements réguliers constitués d'une seule essence.

Les tables de production ne peuvent être appliquées à des peuplements en mélange où existent des conditions de croissance complexes non encore étudiées. De la même manière l'existence de plusieurs classes d'âge au sein d'un même peuplement est une cause d'hétérogénéité non encore maîtrisée.

Les tables sont établies dans une région géographique donnée. Leur application en dehors de leur zone d'élaboration doit être effectuée avec beaucoup de prudence. En effet la modification des conditions du milieu de croissance des peuplements n'est pas sans influence sur les modalités de croissance des arbres.

Les valeurs portées dans les tables sont des valeurs moyennes. Elles représentent les tendances évolutives moyennes de la croissance d'une espèce donnée, en peuplements équiennes purs, dans une zone géographique donnée. Ces peuplements sont soumis à un ensemble de sylvicultures bien déterminées.

Les variations de comportement particulières sont prises en considération dans les limites de l'échantillonnage mis en place. Les tables ainsi élaborées ne pourront pas rendre compte de variations locales de croissance circonscrites à de faibles surfaces : le but de l'échantillonnage est de dégager des tendances moyennes dans lesquelles l'importance de l'influence des cas particuliers est réduite.

La prévision de croissance d'un peuplement doit être effectuée à l'intérieur de l'échantillonnage réalisé. Les possibilités d'extrapolation en dehors de ces limites d'échantillonnage sont sujettes à erreurs.

TROISIEME PARTIE

LES REGLES CULTURALES POUR LES PRINCIPALES ESSENCES DE BOISEMENT

De nombreuses expérimentations ont été réalisées sur les espèces de reboisement utilisables pour la production de bois d'oeuvre.

Dans le cadre des programmes de reboisement réalisés en Côte d'Ivoire, il a paru opportun de synthétiser les résultats acquis sur les espèces potentielles intéressantes dans le domaine de la sylviculture et de la protection des reboisements.

Pour chaque espèce testée monospécifique, les résultats disponibles suivants sont résumés, à savoir :

- les caractères biogéographiques de son aire naturelle (pluviométrie annuelle, durée de la saison sèche, altitude) ;

- les principales caractéristiques du bois (densité, caractéristiques mécaniques, imprégnabilité, séchage, ...) permettant de préciser sa vocation technologique ;

- les principaux problèmes phytosanitaires en plantation, susceptibles de compromettre le succès des plantations ;

- les paramètres dendrométriques des peuplements décrivant la croissance initiale et les seuils d'intervention en éclaircie pour une croissance optimale. Les règles culturales ont été établies pour des peuplements équiennes, monospécifiques installés dans des stations non marginales tant sur le plan bioclimatique que méso-écologique (sol, topographie, ...). Les valeurs des paramètres dendrométriques (hauteur moyenne, diamètre moyen, surface terrière moyenne, ...) ne sont qu'indicatives et devront être modulées en fonction des conditions de croissance de chaque peuplement. Les valeurs de l'accroissement moyen en volume se rapportent au peuplement sur pied ; les produits d'éclaircie éventuels ne sont pas pris en compte, car leur valorisation n'est pas encore assurée. Le problème des produits d'éclaircie sera succinctement abordé dans le paragraphe "production en volume".

- les meilleures provenances à utiliser lorsque celles-ci sont connues.

Pour certaines espèces, l'insuffisance des données actuellement disponibles a conduit à ne proposer que des règles culturales provisoires dont le contenu demande à être précisé à l'aide de dispositifs encore en cours d'exploitation ou devant être installés.

Les espèces sont réparties en quatre groupes en fonction de leur comportement en plantation monospécifique :

- Les espèces à faible croissance initiale.

  Ce sont des essences à moyenne et longue révolution, autrefois utilisées en reboisement et dont bon nombre sont abandonnées en raison de contraintes sylvicoles, phytopathologiques ou économiques trop importantes, par exemple :

  . le Sipo (problèmes de production de plants et de croissance insuffisante),

  . les Acajous (attaques de borers),

  . le Niangon (croissance insuffisante),

  . l'Okoumé (croissance insuffisante et problèmes de forme).

- Les espèces pilotes pour les reboisements industriels.

  Ce sont des essences de plein découvert, à forte croissance initiale et à moyenne ou longue révolution, dont la croissance en plantations mécanisées industrielles est satisfaisante.

  Pour ces espèces (Fraké, Framiré, Samba, Cedrela), qui représentent la majorité des surfaces plantées actuellement, les règles sylvicoles sont connues. Des tables de production permettent de modéliser la croissance des plantations de Teck, Fraké, Cedrela et Framiré.

- Les espèces à promouvoir en reboisement industriel.

  Ce sont des essences de plein découvert, à croissance initiale moyenne à forte et à moyenne révolution (Gmelina, Badi, Pins) : dont la croissance en plantation mécanisée est satisfaisante et dont l'introduction dans les chantiers est prévue sur quelques centaines d'hectares.

  Des règles provisoires de sylviculture ont été élaborées à partir des dispositifs expérimentaux en cours d'exploitation.

- Les espèces à confirmer.

  Ce sont des essences de plein découvert expérimentées avec succès par la recherche en parcelles de comportement et devant faire l'objet d'expérimentations complémentaires : Padouk, Cordia, Pouo, Makoré, ...

1 - ESPECES A LONGUE REVOLUTION

11 Teck (*Tectona grandis*)

Le Teck appartient à la famille des Verbénacées. C'est une espèce héliophile caducifoliée préférentielle des forêts denses humides semi-décidues. Son aire de répartition est discontinue, elle est constituée de trois grandes zones :

- la péninsule indienne,
- la Birmanie, le Laos et la Thaïlande,
- les îles de Java et Muna (Indonésie).

Dans cette aire, les précipitations varient de 1 100 mm à 2 700 mm par an (très localement elles peuvent atteindre 4 000 à 5 000 mm/an) ; le Teck croît depuis le niveau de la mer jusqu'à 1 000 m d'altitude.

Il a été introduit en Côte d'Ivoire en 1926 en zone forestière (forêt du Banco) et en 1929 en zone préforestière (région de Bouaké).

La floraison commence en mai et se poursuit jusqu'en septembre, avec un maximum en juillet. La fructification suit en septembre, avec un maximum en décembre - janvier.

La reproduction est précoce, les premières floraisons apparaissent entre 2 et 8 ans selon les provenances. La sélection de provenances s'orientera en particulier vers celles à floraison tardive, car hauteur de première floraison et hauteur de fourchaison sont étroitement corrélées. En effet la floraison est apicale et après dessèchement de la hampe florale, les axes secondaires latéraux se développent, avec parfois, apparition de fourches.



Jeune plantation de teck ; station de TENE.

Les principaux critères de sélection des provenances ou des arbres sont la vigueur, la fourchaison (floraison tardive), les cannelures, les bosses et l'élagage naturel.

Les essais de provenances, en Afrique de l'Ouest n'ont pas mis en évidence d'importantes différences de vigueur mais ont montré la supériorité sur le plan qualitatif de certaines provenances d'Afrique de l'Est et d'Asie (SOUVANNAVONG 1983).

Pour les provenances testées, celles de l'Afrique de l'Ouest fleurissent et fourchent plus tôt que les provenances d'Afrique de l'Est et d'Asie. La même répartition dans les provenances se retrouve pour la hauteur naturellement élaguée. Le choix des provenances est donc réalisé essentiellement sur les critères de forme. Les meilleures provenances testées sont : MTIBWA (Tanzanie), BAN CHAM (Thaïlande), BAN PHA LAI (Thaïlande) et PAKSE (Laos).

Le système racinaire est pivotant avec développement de racines latérales, au fur et à mesure du vieillissement de l'arbre.

Le fruit (1 000/kg) contient 2 à 4 graines, le péricarpe épais induit des phénomènes de dormance. Un trempage des fruits dans l'eau pendant 48 heures est préconisé pour réduire cette dormance. La production de fruits d'un arbre mature est de 2 à 4 kg par arbre. En pratique, la difficulté d'extraction des graines conduit à utiliser des fruits pour réaliser les semis.

Le Teck rejette très bien de souche ; pour la multiplication végétative deux techniques peuvent être utilisées (SOUVANNAVONG 1983) :

- le greffage en écusson sur stumps en mars-avril au moment du débourrement qui correspond au début de la saison des pluies ;

- le bouturage de jeunes pousses terminales, âgées de une ou deux semaines.

Le bois de couleur jaune à brune, a une densité moyenne (densité à 12 % d'humidité = 0,6 - 0,7), une dureté moyenne (mi-dur), une nervosité faible, un retrait faible, une bonne durabilité, une imprégnabilité difficile, une cohésion axiale bonne à moyenne et une cohésion transversale moyenne (DURAND 1983).

Son pouvoir calorifique, qui est de 5 000 cal/g en fait un bois de chauffe apprécié. Il est utilisé en tranchage, déroulage, menuiserie intérieure et extérieure et en ébénisterie.

Les principaux problèmes phytopathologiques enregistrés sont :

- des attaques de pourridié (*Fomes lignosus, Ganoderma sp.*) s'accompagnant de la destruction du pivot et de chablis en zone sempervirente ;

- des piqûres noires du bois provoquées par des scolytes et, surtout, des bostryches (coléoptères),

- des défoliations imputables à un orthoptère : *Zoonocerus variegatus,*

- des attaques de termites, essentiellement en zone de savane.

REGLES CULTURALES

Pour le Teck, il existe une table de production applicable à tous les peuplements de Côte d'Ivoire (MAITRE 1983, DUPUY 1990).

La densité à la plantation préconisée est de 1 500 tiges/ha.

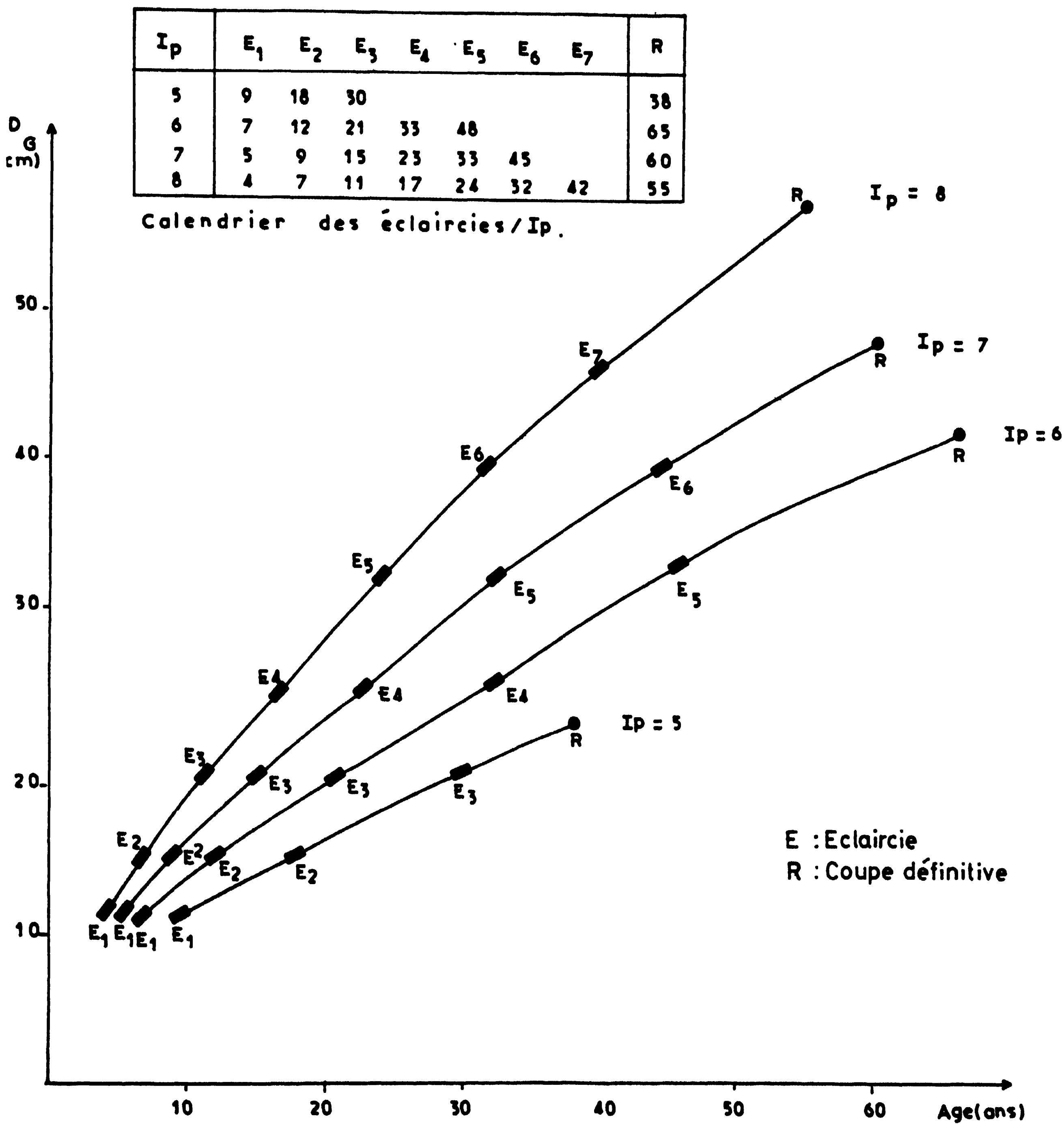
Le Teck est une espèce à croissance initiale moyenne. Dans des conditions de croissance favorables, la hauteur totale moyenne est de 10 m à 4-5 ans et de 14 m à 9-10 ans.

Sur des stations de fertilité bonne et moyenne, la révolution est de 50-60 ans pour un diamètre d'exploitabilité de 45-50 centimètres.

Les modalités générales des éclaircies sont telles que le prélèvement tout en maintenant un niveau de productivité élevé, ne provoque pas un ensoleillement latéral trop intense des fûts. Une augmentation trop brutale de l'éclairement latéral s'accompagne en effet de l'apparition de branches épicormiques dont la présence altère la qualité des bois à venir.

Ip	E_1	E_2	E_3	E_4	E_5	E_6	E_7	R
5	9	18	30					38
6	7	12	21	33	48			65
7	5	9	15	23	33	45		60
8	4	7	11	17	24	32	42	55

Calendrier des éclaircies/Ip.



Variation du diamètre moyen (D_G) en fonction de l'âge et de l'indice de fertilité après application des préconisations de la table de production (MAITRE 1983).

Les impératifs à respecter sont les suivants (SOUVANNAVONG 1983) :

- une rotation supérieure à 3 ans dans les jeunes peuplements et à 5 ans dans les peuplements anciens,
- un prélèvement en surface terrière inférieur à :
  * 40 % avant l'âge de 12 ans,
  * 30 % entre 12 et 25 ans,
  * 25 % après 25 ans.

Dans le cas où le gestionnaire recherche des diamètres d'exploitabilité élevés, le régime des éclaircies est le suivant :

REGIME DES ECLAIRCIES POUR DIFFERENTS NIVEAUX DE FERTILITE

Eclaircie		Niveau de fertilité 1	2	3	4	5
1	N ave (tiges/ha)	1 450	1 450	1 450	1 450	1 450
	Age (ans)	3	4	5	6	9
	Dg ave (cm)	10,5	11,0	11,0	10,7	10,9
2	N ave (tiges/ha)	750	750	750	750	750
	Age (ans)	6	8	10	13	20
	Dg ave (cm)	16,4	16,9	16,6	16,1	18,0
3	N ave (tiges/ha)	400	450	450	450	450
	Age (ans)	10	12	16	23	35
	Dg ave (cm)	24,0	22,7	22,7	22,7	22,7
4	N ave (tiges/ha)	250	300	300	300	300
	Age (ans)	15	19	24	35	55
	Dg ave (cm)	32,4	30,6	29,7	29,5	30,0
5	N ave (tiges/ha)	165	200	210	200	
	Age (ans)	20	26	32	47	
	Dg ave (cm)	40,6	38,7	36,8	37,2	
6	N ave (tiges/ha)	115	140	155		
	Age (ans)	27	35	41		
	Dg ave (cm)	49,9	47,5	45,7		
Coupe	N ave (tiges/ha)	85	105	120	140	225
rase	Age (ans)	37	44	49	62	68
	Dg ave (cm)	59,9	55,3	50,2	45,2	35,1

(N ave : Densité avant éclaircie. Dg : Diamètre de l'arbre de surface terrière moyenne).

Le gestionnaire peut aussi envisager de choisir des âges d'exploitabilité plus faibles. La dernière éclaircie peut être supprimée et la récolte finale réalisée plus tôt.

En fonction des objectifs du gestionnaire, les propositions de sylviculture sont caractérisées par :

- Un régime d'éclaircie avec 3 à 6 éclaircies en fonction de la fertilité et du diamètre d'exploitabilité ;

- Une rotation des éclaircies comprise entre 3 et 12 ans en fonction de la fertilité et de l'âge du peuplement.

- Un âge d'exploitabilité compris entre 35 et 68 ans en fonction de la fertilité et du diamètre d'exploitabilité.

La productivité des plantations de Teck est en premier lieu conditionné par le "niveau de fertilité" des stations concernées. Le gradient de productivité est étroitement dépendant du régime pluviométrique. Les meilleures productions sont enregistrées en zone de forêt dense où la pluviométrie est la plus élevée et la mieux répartie.

PROPOSITIONS DE SYLVICULTURE ET
ELEMENTS DE PRODUCTIVITE POUR LE TECK

Niveaux de fertilité	Nombre d'éclaircies	Exploitabilité			Accroissement moyen (m3/ha/an)	
		Age (ans)	Dg (cm)	V (m3/ha)	Récolte finale	Récolte totale
FORT DIAMETRE D'EXPLOITABILITE						
1	6	37	60	363	9,8	15,8
2	6	44	55	360	8,2	12,8
3	6	51	50	315	6,2	9,7
4	5	62	45	276	4,5	6,9
5	4	68	35	229	3,4	4,8
DIAMETRE D'EXPLOITABILITE MOYEN						
1	5	35	55	401	11,5	16,1
2	5	40	50	372	9,3	13,2
3	4	45	45	309	6,9	10,0
4	4	56	40	290	5,2	7,1
5	3	55	30	205	3,7	5,0

(V : Volume bois fort en m3/ha)

La productivité des plantations de Teck varie entre 5 m3/ha/an et 16 m3/ha/an.



Ramassage du bois de feu dans les teckeraies

En zone de forêt dense, l'accroissement moyen en volume bois fort est compris entre 10 et 16 m3/ha/an. C'est en effet dans cette zone que la croissance du Teck est la meilleure. En zone préforestière les peuplements ont une croissance moyenne. L'accroissement moyen en volume est compris entre 7 et 10 m3/ha/an. En zone de savanes, les peuplements ont une croissance faible. L'accroissement moyen en volume est compris entre 5 et 7 m3/ha/an.

Les propositions de sylviculture en fonction de la zone de reboisement sont donc un compromis entre des critères de dimensions, d'âge d'exploitabilité et de productivité.

OPTIONS D'EXPLOITABILITE POUR LES REBOISEMENTS EN TECK EN FONCTION DE LA ZONE FORESTIERE

Zone forestière	Forêt dense humide	Secteur préforestier	Savanes guinéennes
Diamètre (cm) d'exploitabilité	45 à 60	40 à 45	30 à 40
Age (années) d'exploitabilité	35 à 50	45 à 60	55 à 70
Accroissement moyen (m3/ha/an)	10 à 16	7 à 10	5 à 7

La récolte finale représente environ 70 % de la production totale.

12 Okoumé (*Aucoumea klaineana*)

L'Okoumé qui appartient à la famille des Burséracées est une espèce de la forêt dense humide sempervirente équatoriale (Gabon, Congo, Guinée équatoriale).

Dans son aire d'origine, les précipitations varient entre 1 500 et 3 500 mm/an, la saison sèche de 1 à 3 mois et l'altitude de 0 à 600 mètres.

C'est une espèce héliophile, grégaire et sociale qui colonise les trouées et défriches. En forêt naturelle, elle croît en taches ou bouquets dispersés, rarement à l'état isolé.

A l'état serré, les peuplements monospécifiques d'Okoumé se hiérarchisent verticalement, avec individualisation de plusieurs strates dès l'âge de 10-15 ans.

En plantation, les individus soumis à une forte concurrence forment un houppier étriqué ; une mise en lumière brutale du tronc (chablis, forte éclaircie) provoque une explosion de branches épicormiques, souvent accompagnée d'une descente de cime.

Dans son aire d'origine, elle fructifie en saison des pluies (décembre-janvier) dès l'âge de 10-15 ans, le fruit (10 000 graines/kg) est une drupe qui est mûre trois mois environ après la floraison. En Côte d'Ivoire, l'Okoumé fructifie vers 9-10 ans. Il existe deux époques de fructification : en février-mars et août-septembre.

C'est une espèce dont le système racinaire, pivotant dans le jeune âge, devient très rapidement traçant avec formation d'anastomoses racinaires. L'Okoumé rejette très bien de souche jusqu'à 10-15 ans. Il peut être multiplié par bouturage et greffage en bouteille.

Le bois tendre et léger (D12 = 0,4/0,5) est de séchage aisé avec une rétractibilité faible à moyenne. Le déroulage, emploi principal de cette essence, s'effectue sans difficulté après étuvage. Ce bois idéal, pour la fabrication du contreplaqué est aussi utilisé en menuiseries intérieures et ameublement.

En pépinière, des attaques de psylles sont fréquentes, surtout en saison des pluies (traitements préventifs et curatifs avec du Vamidothion).

En plantations, pour des peuplements installés sur des anciennes défriches ou très brutalement éclaircis, des attaques de chancre noir sont fréquentes. C'est une infection complexe qui combine une attaque primaire (piqûres) par des cochenilles véhiculées par des fourmis sangounas (*Wassmania auropunctata, Crematogaster spp., ...*) à une attaque secondaire par des champignons (*Botryodiplodia theobromae*). Elle s'accompagne d'écoulements de résine et de la prolifération externe de champignons fumagines, qui donnent une coloration noire au tronc et aux branches.

REGLES CULTURALES

Pour limiter les problèmes de chancre noir, les plantations sur anciennes défriches, fortement infestées de fourmis Sangounas, sont à prohiber.En priorité, les plantations d'Okoumé seront installées sur forêt primaire ou secondaire défrichée intégralement et plantée immédiatement après.

Compte tenu des problèmes de forme il faut s'orienter vers des densités à la plantation de l'ordre de 1 100 tiges/ha permettant le recrutement d'un nombre suffisant de tiges d'avenir bien conformées.

A un an, la hauteur totale moyenne est d'environ 0.75 m, à 2 ans elle est de 1.5 m et à 3 ans, elle est de 3 m. A 10 ans, la hauteur moyenne atteint 15 m.

Le régime des éclaircies préconisé est caractérisé par des interventions vigoureuses dans le jeune âge. En effet, les jeunes Okoumés mal conduits (peuplements trop serrés ou subissant un recrû non contrôlé) sont difficiles à récupérer : malingres et déséquilibrés, ils sont souvent infestés par le chancre noir dès qu'ils sont brutalement mis en lumière par un dégagement ou une éclaircie de rattrapage. Le régime des éclaircies est le suivant :

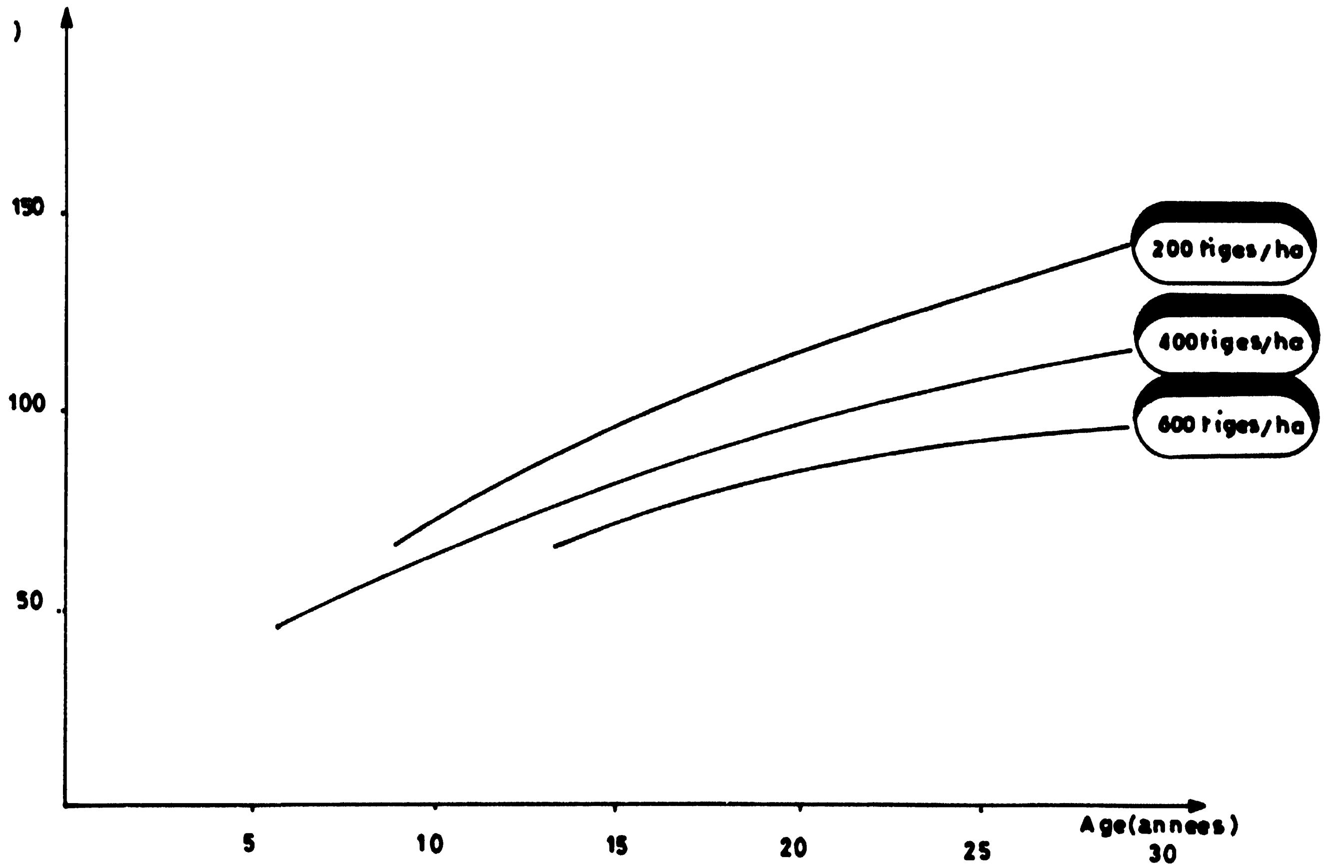
- 4-5 ans : une opération de dépressage ramenant la densité à 300-350 tiges par ha,
- 9-12 ans: une première éclaircie ramenant la densité à 200-250 tiges/ha. C'est une mise à distance des arbres d'avenir (100 tiges/ha) et une éclaircie du peuplement d'accompagnement, avec respect de deux impératifs pour ce dernier :
  - . conservation des tiges bien conformées et de bonne croissance de l'étage codominant, ne concurrençant pas les arbres d'avenir,
  - . conservation, autour des arbres d'avenir, d'un gainage d'individus dominés, assurant la protection du fût contre un ensoleillement trop intense.

Avant éclaircie, la hauteur totale moyenne est de 13-15 mètres, la circonférence moyenne est de 55-60 centimètre et la surface terrière de 10 à 12 m2/ha.

- 14-16 ans : une deuxième éclaircie ramenant la densité à 150 tiges/ha dont environ 100 tiges d'avenir dans l'étage dominant. Cette éclaircie s'appuiera essentiellement sur des critères de forme, on veillera à limiter la concurrence entre peuplement d'avenir et d'accompagnement.

Avant éclaircie la hauteur totale moyenne est de 20-22 mètres, la circonférence moyenne est de 90-100 centimètres et la surface terrière est de 16 à 18 m2/ha.

Le maximum d'accroissement moyen en volume est atteint vers 28-30 ans, il est de l'ordre de 14 m3/ha/an. La révolution est fixée à 40 ans pour un diamètre d'exploitabilité de 60 centimètres.



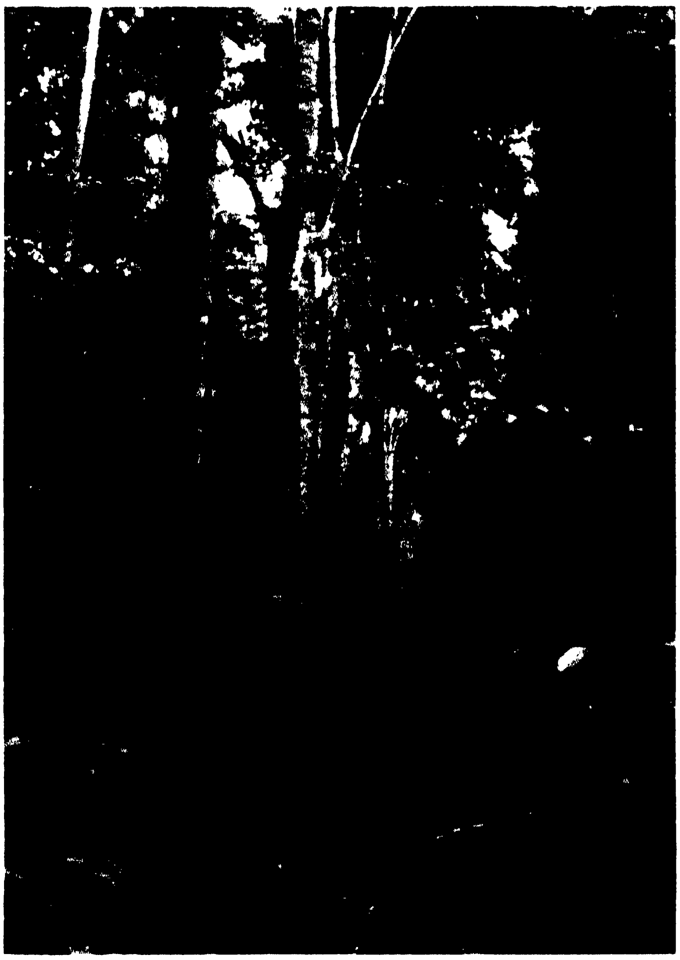
VARIATION DE LA CIRCONFÉRENCE MOYENNE EN FONCTION DE LA DENSITÉ ET DE L'AGE POUR LOKOUME
EN ZONE DE FORÊT DENSE HUMIDE SEMPERVIRENTE

13 Le Niangon (*Tarrietia utilis*)

Le Niangon appartient à la famille des Sterculiacées, c'est une espèce de forêt dense humide sempervirente de l'Afrique de l'Ouest. On la rencontre depuis la Sierra Leone jusqu'au Ghana. Dans cette aire, la pluviométrie annuelle est supérieure à 1 800 mm/an et la saison sèche inférieure à 3 mois.

De tempérament grégaire, elle est héliophile mais peut supporter un certain couvert avec, toutefois, une diminution des accroissements.

En peuplements naturels, le Niangon n'atteint jamais de grosses dimensions, il est rare de rencontrer des individus dépassant 0.8 à 1 mètre de diamètre.



Niangon en plein découvert, 14 ans (1976); forêt de Yapo

Le fruit est une samare. La fructification a lieu en décembre-janvier, parfois une fructification secondaire est enregistrée en juin-juillet. Les fructifications abondantes ont lieu tous les deux à quatre ans.

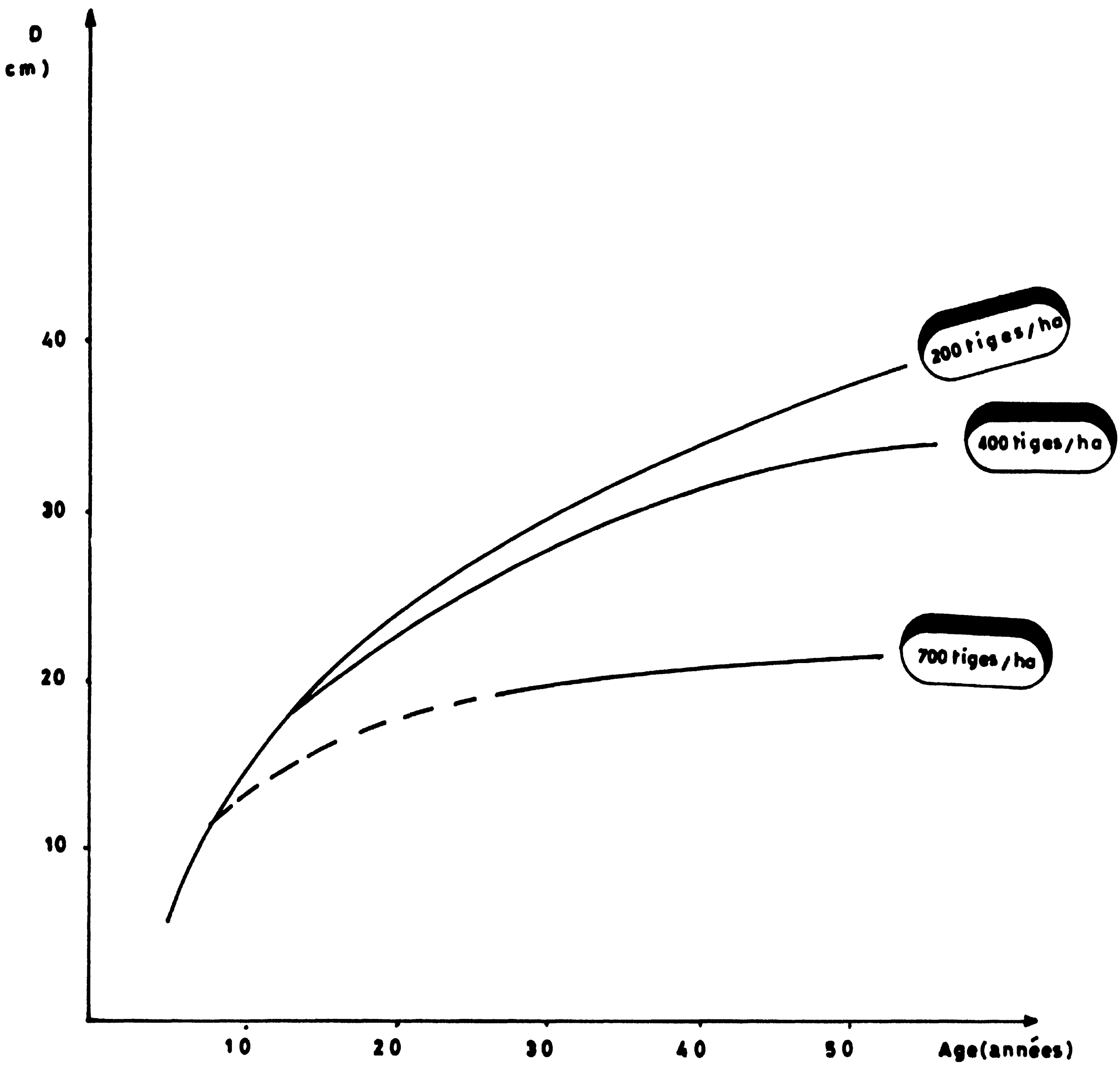
Le bois de couleur brun-rosé à brun-rougeâtre est léger à mi-lourd (D12 = 0.6 - 0.7), de dureté moyenne (tendre à mi-dur) ; la nervosité est

moyenne. Les qualités mécaniques (cohésion transversale et axiale) sont moyennes.

Le séchage doit être très progressif pour éviter les déformations. La durabilité naturelle est moyenne et l'imprégnabilité médiocre.

Ses qualités en font un bois recherché pour l'ébénisterie, le déroulage, la décoration, les menuiseries intérieures et extérieures.

De nombreux insectes peuvent s'attaquer à cette espèce, en particulier des coléoptères (foreurs des bourgeons) et des lépidoptères (foreurs des bourgeons et du tronc, défoliateurs). L'impact de ces attaques est en général mineur et ne compromet nullement l'avenir des peuplements. Localement, dans certains peuplements âgés, on observe des pourritures internes du tronc.



VARIATION DU DIAMETRE MOYEN EN FONCTION DE L'AGE ET DELA DENSITÉ POUR LE NIANGON.

REGLES CULTURALES

Traditionnellement, le Niangon est planté à racines nues avec des hautes tiges (1 à 2 m de hauteur), âgées de 1 à 2 ans. Toutefois il s'est avéré que les essais avec des plants en sachets âgés de quelques mois étaient satisfaisants sous réserve d'entretiens adéquats.

Le Niangon est une essence à croissance moyenne : à 1 an, la hauteur totale moyenne atteint 0,5 à 1 m, à 2 ans elle est de 1,5 à 2 m, à 3 ans et 4 ans, elle est respectivement de 3-3,5 puis de 4 à 4,5 m.

Son tempérament grégaire et certains problèmes de forme conduisent à préconiser une densité à la plantation de 1 100 - 1 500 tiges/ha.

Contrairement à beaucoup d'espèces, le Niangon supporte très bien l'état serré. A 40 ans, l'accroissement moyen sur le diamètre des 150 tiges/ha les plus grosses est de 1 cm/an et ceci indépendamment de la densité des peuplements (SOUVANNAVONG 1978).

Le régime des interventions préconisées est le suivant :

- A 6-8 ans, un dépressage ramène la densité à 700-800 tiges/ha lorsque la hauteur moyenne est de 8-10 m.

- A 12-14 ans, une éclaircie ramène la densité à 400-450 tiges/ha. Avant éclaircie le diamètre moyen est de 14-16 cm.

  A 50 ans, pour cette densité, la surface terrière est de 35 à 40 m2/ha, le diamètre moyen de 35 à 40 cm et 150 tiges/ha ont atteint le diamètre d'exploitabilité de 50 cm. Le volume total bois fort est alors de 550 à 600 m3 par ha dont 400 m3/ha représenté par les tiges ayant atteint le diamètre d'exploitabilité.

- Vers 18-20 ans une deuxième éclaircie ramène le peuplement à densité définitive soit 200 à 250 tiges/ha. Avant éclaircie, le diamètre moyen est de 20 à 22 cm.

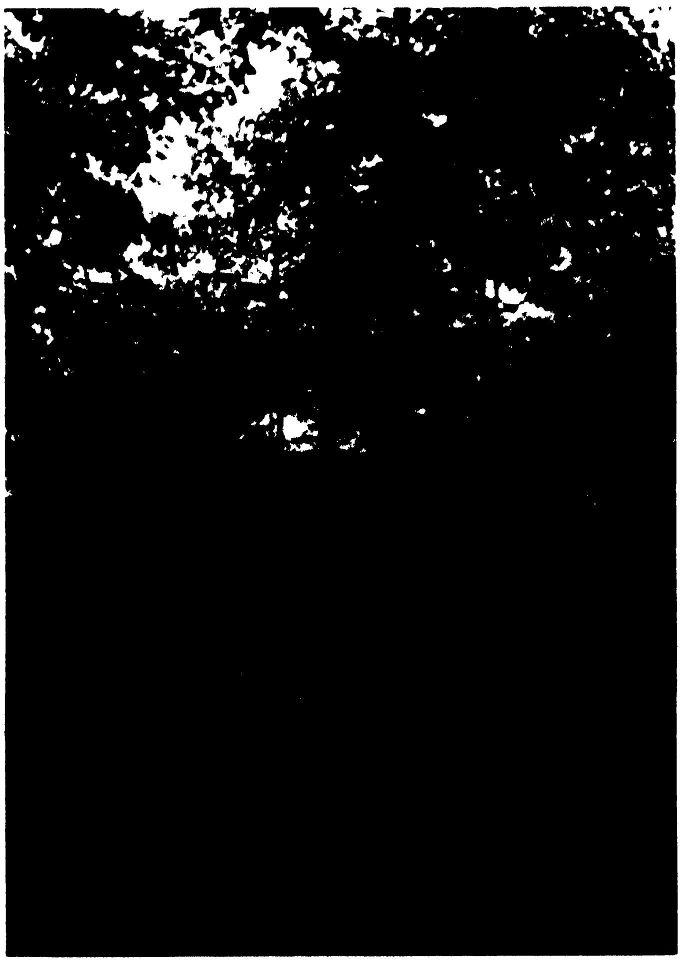
  Pour un diamètre d'exploitabilité de 50 cm, l'âge d'exploitabilité est de 50 ans.

14 Le Badi (*Nauclea diderrichii)*

Le Badi ou Bilinga appartient à la famille des Rubiacées. C'est une espèce sempervirente de forêt dense humide sempervirente et de transition avec la forêt dense humide semi-décidue. Le Badi est un arbre qui atteint 30 à 40 m de haut et 0,90 à 1,20 m de diamètre avec un fût élancé de 20 à 30 m sans branches, droit et cylindrique.

Cette espèce se rencontre depuis la Sierra Leone jusqu'au Cabinda, vers l'est elle atteint l'Ouganda. Dans son aire les précipitations varient de 1 600 mm/an à 3 000 mm/an.

Cette espèce héliophile, à houppier sphérique large et à couvert épais, se régénère abondamment dans les trouées. En plantations de zone sempervirente (Yapo, L'Abbé en Côte d'Ivoire), de nombreux sujets issus de régénération naturelle ont colonisés les trouées et les bas de pente. Sur sols à hydromorphie permanente, il cède la place au Bahia (*Mitragyna ciliata*).



Badi en plein découvert, 6 ans (1984); Forêt de Yapo

Les fruits sont des masses cylindriques charnues et fibreuses de 3 à 4 cm de diamètre à surface creusée d'alvéoles polygonales. La fructification a lieu en octobre-novembre. On compte environ 250 fruits par kg.

Le bois de couleur jaune fonce légèrement à la lumière. Il est mi-lourd (D 12 = 0,7), de dureté moyenne (mi-dur) ; le retrait et la nervosité sont moyens. Les propriétés mécaniques, la durabilité et l'imprégnabilité sont bonnes. Le séchage est aisé. Ses bonnes qualités mécaniques et une bonne

durabilité naturelle (qui peut être renforcée par un traitement de préservation) en font un bois d'oeuvre recherché pour les emplois extérieurs (installations portuaires, traverses de chemin de fer), le bâtiment (charpentes, parquets, décoration, menuiseries intérieures et extérieures) ainsi que le tranchage et l'ébénisterie. Dans les jeunes plantations, des attaques de chenilles foreuses des bourgeons (*Orygmophora mediofoveata*) sont fréquentes sans toutefois compromettre la croissance des peuplements.

REGLES CULTURALES

Le semis des graines doit être précoce, 6 à 8 mois avant la plantation, car la croissance des jeunes plants est souvent irrégulière. Compte tenu de la très faible taille des graines, le semis doit être effectué en germoir. Le repiquage intervient environ un mois après le début de la germination. C'est une espèce qui se bouture très aisément.

La densité de plantation provisoire préconisée est de 1 100 tiges par hectare.

C'est une espèce de plein découvert à croissance moyenne. A 1 an, la hauteur totale moyenne est de 1,2 à 1,7 m, à 2 ans elle est de 2,5 à 3,0 m et à 4 ans de 6 à 7 m.

Les jeunes tiges sont souvent multicaules, les tiges secondaires doivent être supprimées dès les premières années par une taille de formation.

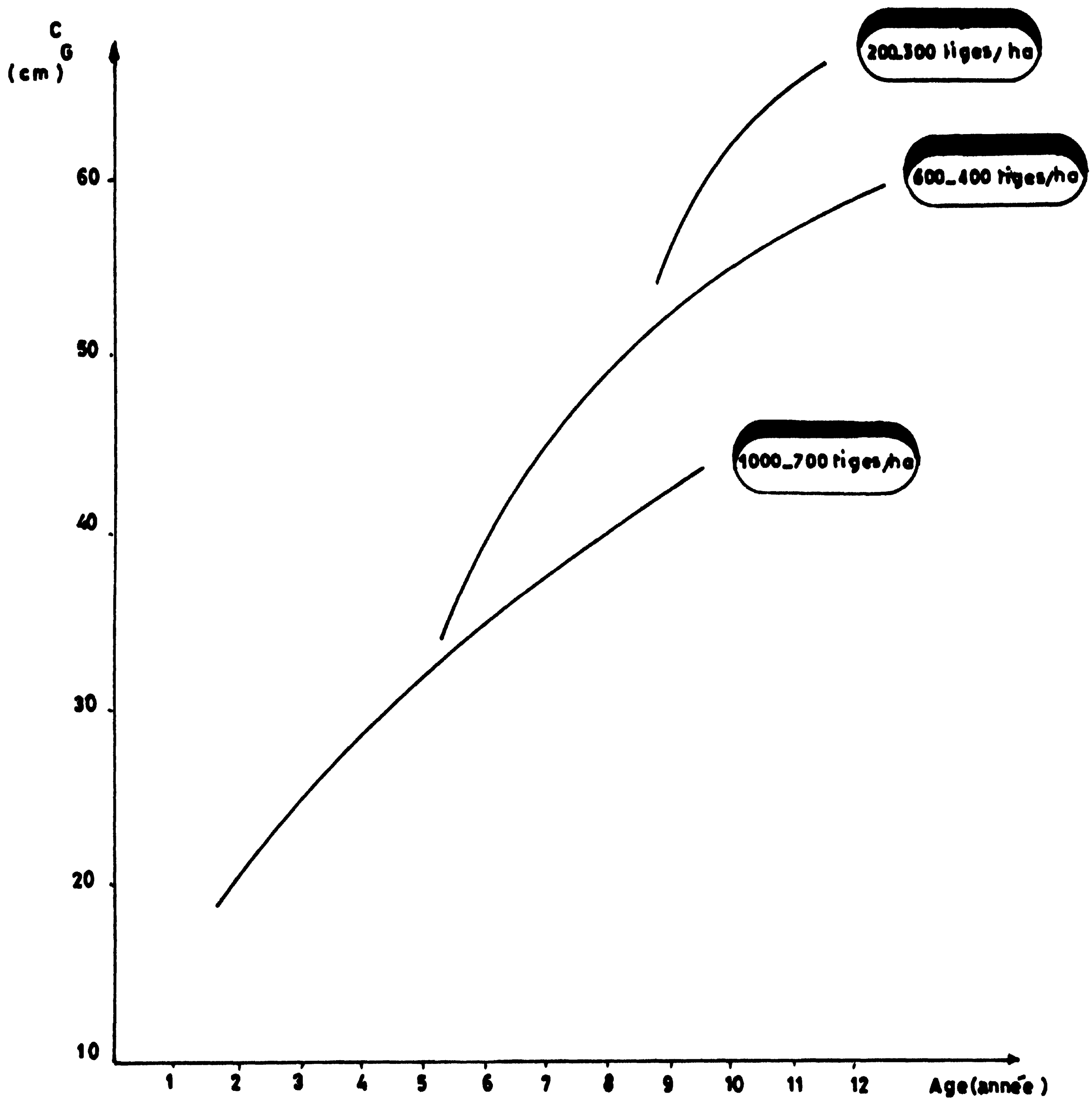
Les règles sylvicoles provisoires sont les suivantes :

- La première éclaircie est réalisée vers 5 ans ramenant la densité à 400-500 tiges/ha. Avant éclaircie, la hauteur moyenne est de 11 à 13 m, le diamètre moyen est de l'ordre de 10 cm et la surface terrière de 6 à 8 m2/ha.

- La deuxième éclaircie est réalisée vers 9 ans ramenant la densité à 200-250 tiges/ha. Avant éclaircie, la hauteur moyenne est de 16 à 18 m, le diamètre moyen est de 16 à 18 cm et la surface terrière de 9 à 10 m2/ha.

- La troisième éclaircie intervient vers 15 ans, lorsque la surface terrière est d'environ 12 m2/ha. Elle prélève une tige sur trois. Le diamètre moyen avant éclaircie est d'environ 25 cm.

  La révolution est de 30 à 40 ans pour un diamètre d'exploitabilité de 50 cm.



VARIATION DE LA CIRCONFÉRENCE EN FONCTION DE L'AGE ET DE LA DENSITÉ EN ZONE DE FORÊT DENSE SEMPERVIRENTE POUR LE BADI.

15 L'Acajou

Sous la dénomination "Acajou", plusieurs espèces du genre Khaya (famille des Méliacées) sont groupées :

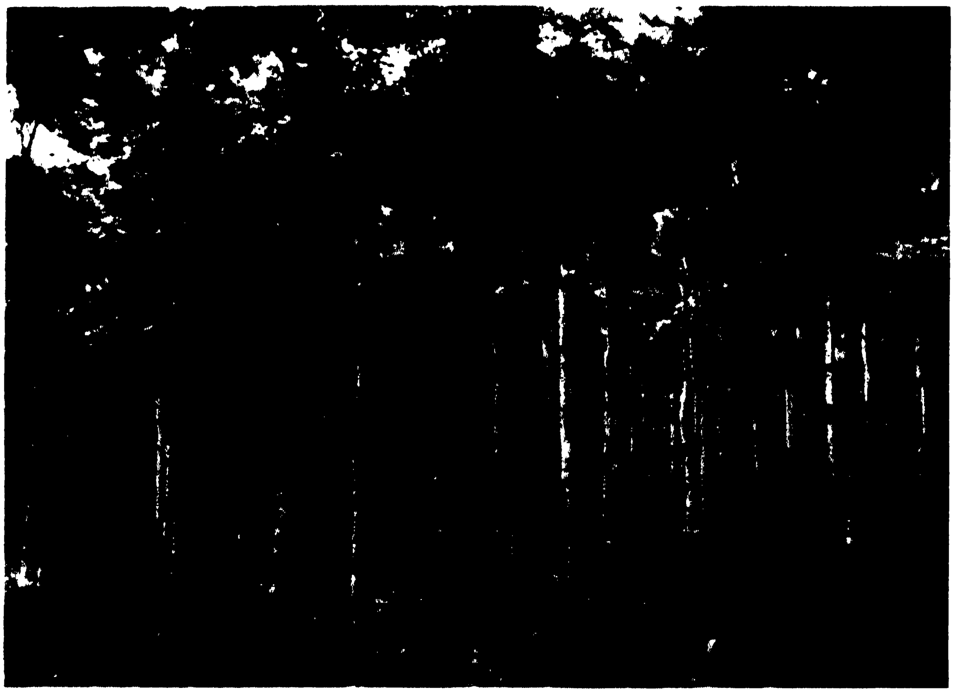
- *Khaya ivorensis* (Acajou bassam) qui est une espèce de forêt dense humide sempervirente.
- *Khaya anthotheca* (Acajou blanc) qui est une espèce de transition forêt dense humide sempervirente/forêt dense humide semi-décidue.
- *Khaya grandifoliola* (Acajou à grandes feuilles) qui est une espèce de forêt semi-décidue et de forêt galerie soudanienne.
- *Khaya senegalensis* (Caïlcédrat) qui est une espèce soudano-guinéenne et guinéenne.

Les Acajous ont une aire de répartition très étendue. Le Caïlcédrat se rencontre depuis le Sénégal jusqu'au Cameroun, Centre-afrique et Ouganda. Les aires de répartition des autres Acajous correspondent schématiquement aux formations de forêt dense humide semi-décidue et sempervirente d'Afrique de l'Ouest et Centrale.

Les fruits sont des capsules ligneuses, globuleuses, se tenant dressées au-dessus de la cime de l'arbre. Leur diamètre est variable selon l'espèce : 4-7 cm chez Khaya ivorensis et 6-10 cm chez *Khaya anthotheca et grandifoliola*. Les fruits déhiscents s'ouvrent par 4-5 valves supères soudées à la base.

Les graines ailées sont de taille moyenne (4 à 5 cm de long et 2 à 3 cm de large). La principale floraison dure d'août à décembre et la fructification correspondante de janvier à avril. La fructification peut être bisannuelle, avec une deuxième fructification en juillet-septembre.

Le Caïlcédrat, espèce de savane, est un arbre moyen de 15-20 m de haut,à fût souvent sinueux. Les autres Acajous sont de grands arbres atteignant 35-45 m de haut, avec une cime conique et un feuillage disposé en touffes. L'Acajou bassam a un fût généralement droit, celui de l'Acajou blanc est parfois sinueux et muni de puissants contreforts.



Parcelle d'Acajou de 10 ans ; Forêt de Yapo

Le bois de couleur rosée à rouge carmin est tendre (Acajou bassam) à mi-dur (Acajou à grandes feuilles), mi-lourd (D 12 = 0,5 pour l'Acajou bassam, 0,6 pour l'Acajou blanc, 0,7 pour l'Acajou à grandes feuilles). Les caractéristiques mécaniques sont faibles (Acajou bassam) à moyennes (Acajou à grandes feuilles et Acajou blanc).

La durabilité est moyenne à bonne et l'imprégnabilité médiocre. Le séchage et l'usinage sont aisés. Ses caractéristiques technologiques en font un bois recherché en ébénisterie, tranchage, déroulage, ameublement, décoration et menuiserie.

REGLES CULTURALES POUR l'ACAJOU BASSAM

Les fruits sont parfois attaqués par des chenilles de microlépidoptères détruisant les graines.

Les graines sont semées en germoir et les plants sont repiqués en planche pour être plantés à l'âge de 1 ou 2 ans sous forme de hautes tiges de 1,2 à 1,5 m.

L'utilisation de plants en sachets âgés de quelques mois est également possible.

Le principal obstacle aux plantations d'Acajou est la destruction des

pousses terminales par les larves des microlépidoptères Hypsipyla robusta et dans une moindre mesure, Gyroptera robertsii, communément appelées "Borers de l'Acajou".

Cette destruction du bourgeon terminal entraîne un démarrage des bourgeons latéraux et l'apparition de fourches.

Selon les peuplements, des variations sont observées pour la date d'apparition des attaques. En règle générale elles apparaissent entre 1 et 3 ans. La progression des attaques au sein des peuplements est ensuite très rapide, elles affectent en général la totalité des arbres à l'âge de 3-4 ans. Toutefois, dans ces peuplements attaqués, on observe un petit nombre d'individus à forte croissance (6-8 mètres de hauteur à 4 ans) et bien conformés. Les attaques altèrent fortement la croissance de l'arbre jusque vers 10-15 ans. Au-delà de cet âge leur impact sur la croissance va diminuant.

Il faut toutefois citer le cas de la parcelle de N'Zida (Côte d'Ivoire 1952), n'ayant pas subi d'attaque notables.

A titre indicatif, on obtient les valeurs suivantes dans certaines parcelles expérimentales :

Etat sanitaire	Paramètres sylvicoles	Age (années)							
		1	2	3	4	5	10	15	19
Parcelles saines	Hauteur (m) Diamètre (cm)				8	10		24 30	42
Parcelles attaquées	Hauteur (m) Diamètre (cm)	1	2.2	3	3.5	4.5	10	15	28

Les plantations pures d'Acajou en plein découvert, à forte comme à faible densité, sont attaquées très tôt, souvent même avant l'âge d'un an, par les borers.

Pour la constitution des plantations d'Acajou, deux solutions sont à envisager :

- Des plantations sous couvert de *Leucaena leucocephala* à une densité de 700 tiges/ha.

  L'année précédant la plantation, un semis en ligne de Leucaena est réalisé. L'année de la plantation, un rabattage des Leucaena est effectué avant la plantation. Jusqu'à ce que les plants aient dépassé le Leucaena, ce dernier sera rabattu régulièrement ou

bien dépressé de manière à conserver un couvert léger.

Les Acajous sont attaqués lorsqu'ils émergent du Leucaena (4/5 ans), leur hauteur moyenne est de 4/5 m. Le maintien du Leucaena permet un contrôle efficace de la végétation adventice.

La densité finale sera de 70-80 tiges/ha avec une révolution d'environ 40 ans (diamètre d'exploitabilité 60 cm). L'accroissement moyen en volume bois fort est de 6-8 m^3/ha/an.

- Des plantations en mélange.

  Associé en mélange avec des espèces à croissance initiale lente (Niangon, Okoumé, Badi), un certain nombre de pieds d'Acajou, en dépit des attaques, ont une croissance suffisante pour se maintenir dans l'étage dominant et former une bille de pied atteignant une dizaine de mètres de long.

  La réussite de ce type de mélange résulte d'un compromis entre

  . d'une part, la croissance relativement lente des Acajous attaqués par les borers,

  . et d'autre part, l'association avec des espèces à croissance initiale lente.

La sylviculture appliquée est celle de l'espèce associée, le but est d'obtenir quelques pieds d'Acajou bien conformés au sein d'un peuplement où domine l'espèce associée (voir paragraphe : peuplements en mélange).

Il n'existe pas de méthodes de lutte contre les Borers applicables à l'échelle industrielle. Les traitements chimiques (Methidathion) ne sont envisageables qu'en pépinière.

Les essais de comportement réalisés avec diverses provenances d'Acajou bassam n'ont pas mis en évidence une variabilité interprovenance pour la sensibilité aux attaques de Borers.

Dans l'état actuel des connaissances, les seules solutions envisageables pour les plantations d'Acajou sont celles décrites ci-dessus mais sans garanties réelles de succès.

16 Le Sipo (Entandrophragma utile)

Le Sipo, de la famille des Méliacées, est une espèce de forêt dense humide semi-décidue, sociale, de demi-ombre et à croissance lente.

Dans son aire naturelle, la pluviosité annuelle varie de 1 400 mm à 2 500 mm par an. Le Sipo se rencontre essentiellement en Côte d'ivoire, Ghana, Nigéria, Cameroun, RCA et Congo.

Le fruit est une capsule de 18 à 28 cm de long et 5 à 7 cm de large fermée par 5 valves épaisses avec 5-6 graines par loge. La fructification a lieu en février-mars, elle est annuelle et toujours abondante.

Le bois de couleur brun-rosé est mi-lourd (D 12 = 0,6), de faible dureté et de rétractibilité moyenne. les caractéristiques mécaniques sont médiocres à moyennes. La durabilité naturelle est moyenne, l'imprégnabilité est médiocre et le séchage aisé. Le Sipo est très recherché pour les menuiseries intérieures et extérieures, l'ébénisterie, le tranchage et le déroulage.

Le principal problème du Sipo en plantation est, dans certaines parcelles, le dépérissement du bourgeon terminal. Celui-ci s'accompagne de l'arrêt de la croissance de l'axe principal avec développement des branches latérales et formation d'un houppier tabulaire.

<u>REGLES CULTURALES</u>

En forêt naturelle, l'accroissement moyen sur le diamètre est constant jusqu'à 200 ans, il est de l'ordre de 0,5 cm/an. Les sujets de forêt naturelle de fort diamètre traditionnellement exploités sont souvent âgés de 300 ans et plus. Pour les arbres de 60 cm de diamètre, le pourcentage moyen d'aubier est de 28 %, il varie entre 20 % et 35 %.

Le Sipo est une espèce qui demande un certain couvert dans son jeune âge.

Le semis est effectué directement en pots car le système racinaire fondamentalement pivotant est fragile. Lors des manipulations il devra faire l'objet de soins particuliers. La durée de la germination est de 15 jours à 1 mois.

Le repiquage en planche est réalisé 6 semaines à 2 mois après le semis, il intervient impérativement avant que le pivot du jeune plant ait eu le temps de former une crosse. Un traitement aux auxines (AIB) améliore la rhizogène.

Les plants restent ensuite en planche 1 ou 2 ans suivant qu'ils atteignent ou non les dimensions requises pour la plantation, soit :

- hauteur comprise entre 80 cm et 1 m,
- diamètre au collet compris entre 2.5 cm et 3.5 cm,
- accroissement en hauteur, à 1 an compris entre 50 et 60 cm par an.

Pour la plantation, l'élément idéal est la rosette de 1 an avec un bon système racinaire. Lors de l'habillage des racines on conserve 30 cm de longueur de pivot et 15 cm de longueur des racines latérales.

L'usage des stumps est à prohiber car le système racinaire pivotant ne se reconstitue que très difficilement. Une croissance initiale faible élimine l'usage de plants en sachets de petite taille au profit de plants plus grands soigneusement sélectionnés en pépinière. Lors de la production de plants, la formation de crosses doit être impérativement évitée.

En plantations la croissance initiale est faible : à 10 ans, l'accroissement moyen en hauteur est de 0,8 à 1 m/an et l'accroissement moyen des 100 tiges d'avenir est de 1 à 1,2 cm/an sur le diamètre. Parmi ces tiges, environ 30 tiges/ha ont un accroissement du diamètre de 2 à 2,5 cm/an.

Dans les parcelles âgées on note une diminution de la croissance. A 30 ans, l'accroissement moyen du diamètre n'est plus que de 0.5 cm/an pour un accroissement moyen en hauteur de 0.5 m/an. Le Sipo reste une espèce à croissance lente.

Les plantations de Sipo sont difficiles à réaliser. Cette essence de faible croissance demande à partir de la deuxième année une mise en lumière progressive qui favorise sa croissance initiale (GOUDET - WENCELIUS 1974).

Comme pour l'Acajou, les plantations sous Leucaena semés en ligne, un an avant l'année de plantation, permettent d'avoir un bon taux de reprise et une croissance initiale satisfaisante de cette espèce de demi-ombre tout en contrôlant le développement du recrû. Le Leucaena sera rabattu pour la première fois avant la deuxième saison des pluies puis ensuite régulièrement jusqu'à ce que les cimes des Sipos s'affranchissent du recrû.

En plantation, la croissance du Sipo est meilleure en zone de forêt dense sempervirente (Abbé, Anguédédou, Irobo : Côte d'Ivoire), qu'en zone de forêt dense semi-décidue (Oumé, Gregbeu : Côte d'Ivoire).

17 L'Ilomba (*Pycnanthus angolensis*)

L'Ilomba appartient à la famille des Myristicacées. Il se rencontre dans les forêts denses humides depuis l'Afrique de l'Ouest jusqu'en Ouganda et Tanzanie.

Il pousse à l'état disséminé essentiellement dans des formations secondaires des forêts sempervirentes et semi-décidues. La limite de son aire correspond à une pluviométrie annuelle minimale de 1 300 mm et une saison sèche de moins de 6 mois.

Le fruit oblong est une drupe s'ouvrant par deux valves charnues. Il contient une graine noire recouverte d'une arille laciniée rose. La floraison a lieu en septembre-novembre et la fructification en janvier-février.

Le bois de couleur blanche est léger (D 12 = 0,50), très tendre, de nervosité et retraits moyens. La durabilité naturelle est faible, mais l'imprégnabilité est aisée. Les qualités mécaniques sont moyennes et l'usinage aisé. Au séchage, des déformations peuvent parfois apparaître.

Ce bois tendre, facile à travailler et de droit fil est utilisé en déroulage, panneaux, ossatures de meubles, caisserie et petite menuiserie.

Le jeune plant forme très rapidement un pivot important dont le développement est à contrôler en pépinière. Il faut éviter de sectionner ce pivot s'il est important, en effet sa destruction induit une chute de croissance notable. L'usage de stumps est donc à proscrire, on utilisera des plants en sachets de grande taille.

REGLES CULTURALES

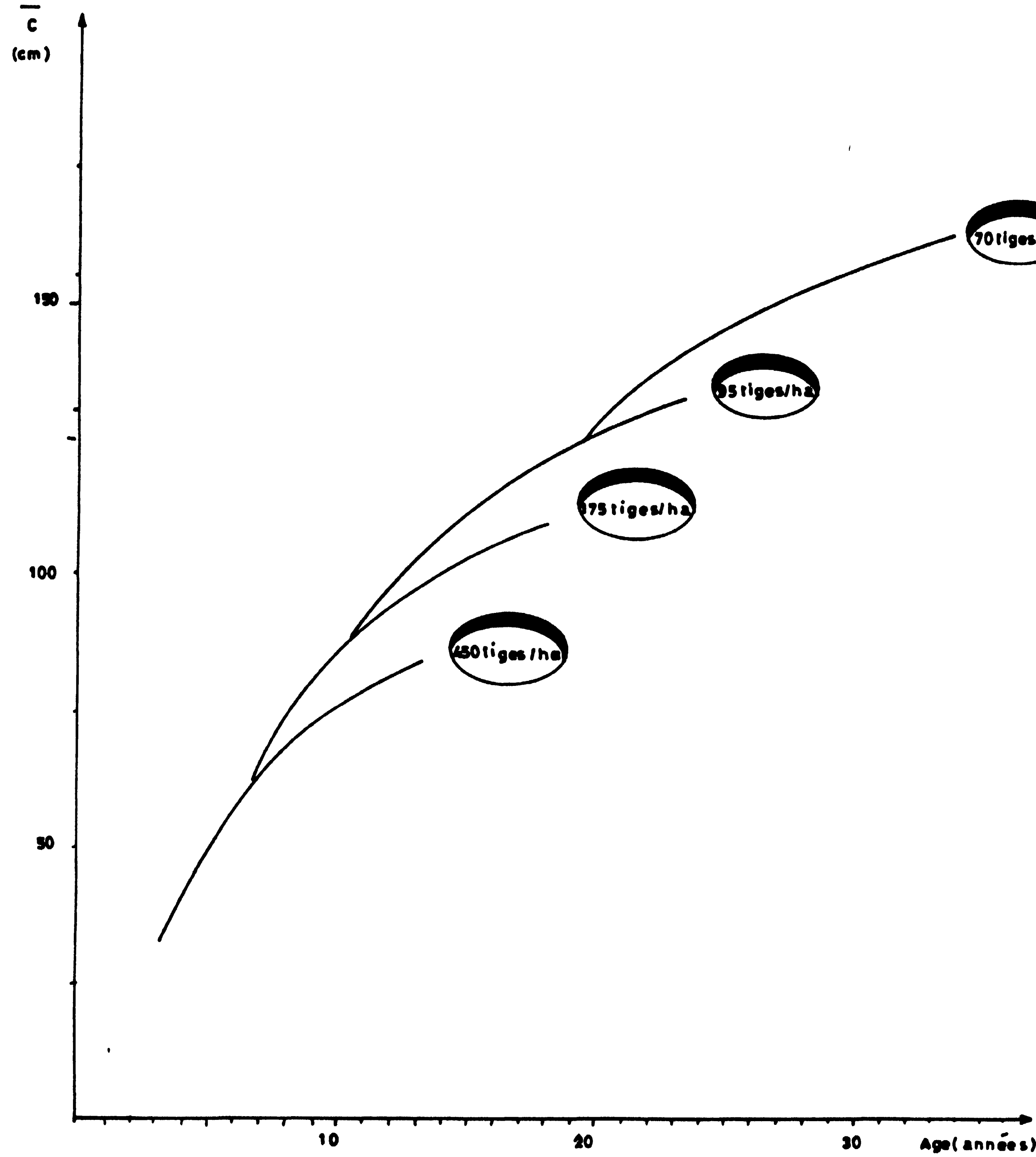
L'Ilomba est une espèce héliophile à croissance initiale moyenne. Il atteint 0,5 m à 1 an et 3-4 m à 4 ans. A 10 ans, la hauteur moyenne est de 12- 15 m, elle atteint 20-25 m à vingt ans.

L'élagage naturel est déficient et s'accompagne de la formation de bourrelets cicatriciels importants au niveau des verticilles. Un élagage artificiel précoce est recommandé.

La densité de plantation préconisée est de 1 100 tiges/ha. Une première éclaircie est réalisée vers sept ans, elle ramène la densité à 300-350 tiges/ha. Avant éclaircie, le diamètre moyen est de 15 cm environ.

Vers douze ans, une deuxième éclaircie ramène la densité à 150-200 tiges par ha. Avant éclaircie le diamètre moyen atteint 20 cm. Vers vingt ans, une troisième et dernière éclaircie ramène la densité à 70-90 tiges/ha. Le diamètre moyen avant éclaircie est de 30 cm.

Sur bonnes stations de forêt sempervirente, le diamètre d'exploitabilité de 50 cm est atteint vers 30 ans et celui de 60 cm vers 45 ans. A 15 ans, l'accroissement moyen en volume est de 15 m3/ha/an. A 30 ans, il atteint 10 m3/ha/an (DUPUY 1983).

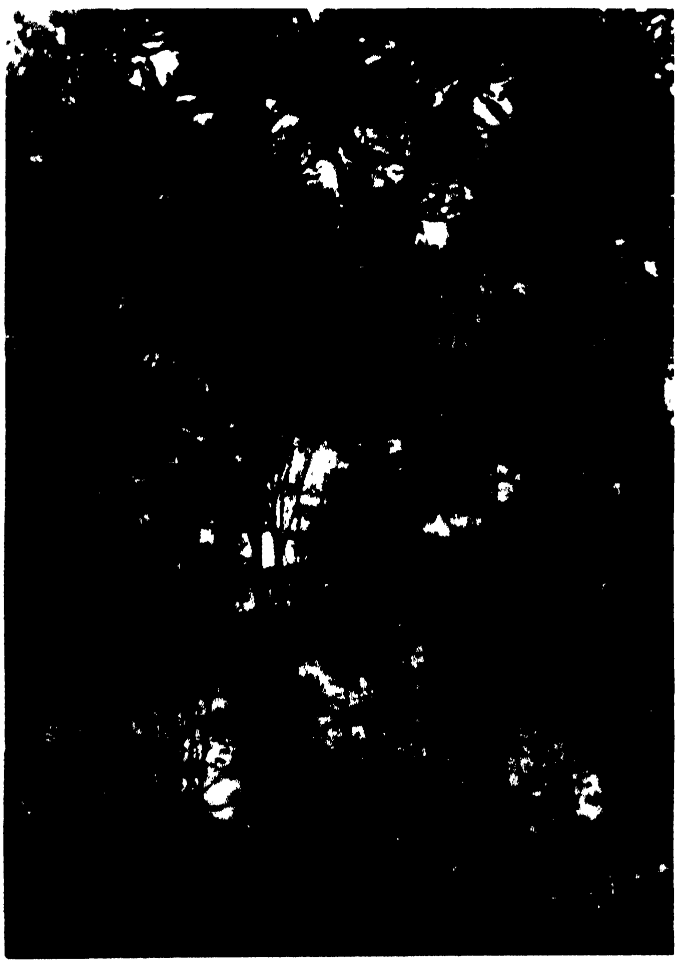


VARIATION DE LA CIRCONFERENCE EN FONCTION DE L'AGE ET DE LA DENSITE POUR LE FRAMIRE EN CONDITION DE FERTILITE MOYENNE

L'Azobé, de la famille des Ochnacées, est une espèce sempervirente des forêts denses humides sempervirentes de plaines (Guinée, Libéria, Côte d'Ivoire, Ghana, Cameroun, Guinée équatoriale, ...). Son aire correspond à une pluviométrie annuelle supérieure à 2 000 mm/an et une saison sèche inférieure à 3 mois. Lorsque les conditions écologiques lui sont moins favorables dans les forêts semi-caducifoliées, il se rencontre dans les vallées et le long des grands cours d'eau (Sangha, Oubangui, ...) où il peut former des peuplements presque purs.

Le fruit est un akène avec deux ailes de couleur rosée. La floraison a lieu de novembre à janvier et la fructification de janvier à mars. Le système racinaire des jeunes plants est mixte (traçant/pivotant).

L'Azobé est une espèce héliophile, sociale, à croissance moyenne des forêts secondaires. Tout comme l'Okoumé cette essence grégaire s'installe à la faveur des défrichements. Dès 1926, elle a été utilisée pour des opérations d'enrichissement et de reboisement à vocation bois énergie et bois d'oeuvre en Côte d'Ivoire.



Azobés de 9 ans; Forêt de Yapo

Le bois de couleur brun-rouge à brun-violacé est très lourd (D 12 = 0.95 - 1.1), très dur, avec un fort retrait au séchage et de bonnes caractéristiques mécaniques. La mise en oeuvre est difficile, l'imprégnation difficile mais la durabilité naturelle remarquable.

Ses qualités en font un excellent bois de service (bois de feu, piquets, poteaux ...) et un bois d'oeuvre recherché pour les installations hydrauliques (portes d'écluses, installations portuaires, ...), les traverses de chemin de fer, les installations minières ...

Des attaques de cecidonydes galligènes sur les feuilles ont été observées.

REGLES CULTURALES

L'accroissement moyen en hauteur est de 1 - 1.5 m/an jusqu'à l'âge de 15 ans. A 6 ans, la hauteur moyenne est de 6-8 m, à 12 ans elle atteint 16- 20 m.

En plantations monospécifiques, à 10 ans, l'accroissement moyen sur le diamètre est de 1 - 1.5 cm/an.

La forêt naturelle, l'accroissement moyen sur le diamètre varie entre 0.2 cm/an et 1 cm/an. Pour un diamètre d'exploitabilité de 70 cm, l'âge estimé des individus de forêt naturelle est de 90 ans environ.

A 6 - 8 ans, pour une densité de 1 300 tiges/ha, le diamètre moyen est de 8 - 10 cm, soit un accroissement moyen sur le diamètre de 1 - 1,2 cm.

A 13 ans, pour une densité de 400 tiges/ha, le diamètre moyen est de 13 - 15 cm, soit un accroissement moyen de l'ordre de 1,2 cm/an.

A 15 ans, pour une densité de 800 tiges/ha, 150 tiges/ha ont dépassé le diamètre de 15 cm.

A 24 ans, pour une densité de 360 tiges/ha, le diamètre moyen est de 17 cm et 100 tiges/ha ont dépassé le diamètre de 20 cm.

La densité à la plantation préconisée est de 1 100 tiges/ha avec un premier dépressage vers 6 - 8 ans ramenant la densité de 500 - 600 tiges/ha. Les produits d'éclaircie peuvent être commercialisés comme bois de feu. Pour un diamètre d'exploitabilité de 60 cm, la durée de la révolution est de l'ordre de 50 ans.

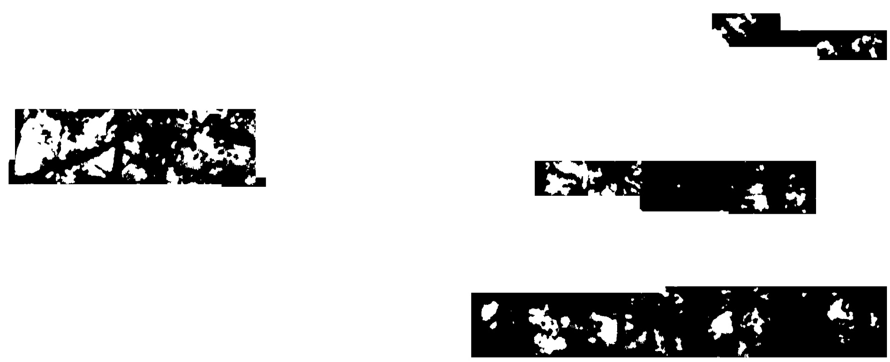
18 <u>Le Makoré</u> (*Thieghemella heckelii*)

Le Makoré appartient à la famille des Sapotacées. C'est une espèce de première grandeur de la forêt dense humide sempervirente de première grandeur. Cet arbre peut atteindre 3 m de diamètre et 50 m de hauteur.

Le Makoré fleurit en février-mars et les fruits mûrissent d'août à octobre.

Les fruits sont ovoïdes et de grande taille : 8 cm de long et 7 cm de diamètre. Ils contiennent deux à trois grosses racines riches en matières oléagineuses. La conservation des graines est difficile. Le semis doit être réalisé dès que les fruits tombent au sol soit en planche soit par semis direct. Les graines germent très facilement et la croissance initiale des jeunes plants en pépinière est forte. Compte tenu de la grande dimension des graines (3 cm x 5 cm), et du développement rapide d'un système racinaire fortement pivotant l'élevage des plants doit être réalisé dans des sachets de grande taille.

Le bois est de couleur brun-rose. Sa densité est moyenne (0,7), il est mi-dur. La nervosité et le retrait sont moyens. La durabilité est bonne. Le bois de Makoré est recherché pour le placage, les menuiseries extérieures et l'ébénisterie.



Parcelle de Makoré de 9 ans; Forêt de Yapo

REGLES CULTURALES

Le Makoré est une espèce héliophile qui doit être plantée en plein découvert. L'utilisation d'une plante de couverture comme le Pueraria peut être envisagée pour le contrôle des adventices.

A un an, la hauteur moyenne est de l'ordre de 0,5/1 m, à 3 ans elle est de 3 m et à 7 ans elle atteint 10 m.

Les plantations anciennes ont été réalisées sous couvert. La croissance est de fait ralentie. A 10 ans, le diamètre moyen est de 10-12 cm. A 15 ans, il est de 15-17 cm et à 25 ans le diamètre moyen atteint 25 cm.

Pour les plantations en plein découvert, à 10 ans le diamètre moyen est de 15-18 cm.

La densité de plantation préconisée est de 1 100 tiges/ha (3 m x 3 m) avec un premier dépressage vers l'âge de 10 ans.

Pour un diamètre d'exploitabilité de 60 cm, la révolution est de l'ordre de 60-80 ans.

2 ESPECES A MOYENNE REVOLUTION

21 Le Framiré (*Terminalia ivorensis*)

Le Framiré appartient à la famille des Combrétacées. Son aire est continue, elle s'étend depuis la Guinée jusqu'à l'Ouest du Cameroun.

C'est une espèce de transition forêt dense humide sempervirente/forêt

dense humide semi-décidue. Son aire, à la faveur des défrichements, tend à s'é- tendre dans la zone de la forêt dense humide sempervirente. La limite de l'aire de cette espèce héliophile caducifoliée correspond à une pluviométrie inférieure à 1 300 mm/an et une saison sèche supérieure à 4-5 mois. Elle croît jusqu'à 1 200 m d'altitude (Cameroun).

Le fruit est une samare elliptique de 6 à 7 cm de long et 2 cm de large. La floraison débute en avril après le début de la feuillaison, elle dure jusqu'en juin. Le délai entre le débourrement et la floraisons est de 3-4 semaines. La fécondation est entomophile (lépidoptères et diptères). La fructification qui débute en décembre est abondante de janvier à mars.

Pour les individus de forêt naturelle, le bois est léger (D 12 = 0,5), tendre, de retrait faible et de nervosité moyenne. La cohésion transversale est faible et la cohésion axiale moyenne. La durabilité naturelle et l'imprégnabilité sont moyennes. Le séchage est aisé.

Les principaux débouchés sont le bâtiment (menuiseries intérieures et extérieures, charpentes), l'industrie des panneaux (contreplaqués et lattés) et l'ébénisterie.

Le Framiré fructifie dès l'âge de 5-6 ans, un kilo de graines contient environ 5.000 graines ailées ou 10.000 graines désailées. Pour la levée de la dormance d'origine, probablement tégumentaire, un trempage des graines dans l'eau froide pendant 2 jours est conseillé.

Pour la plantation, l'utilisation de plants en sachets plutôt que celle de stumps est préférable. En effet, la section, avant plantation du système racinaire fondamentalement pivotant altère son développement ultérieur avec développement préférentiel des racines traçantes. Par ailleurs, la croissance des stumps est inférieure à celle des plants en sachets.

Les graines sont fréquemment attaquées par deux Curculionidés (*Nanophyes sp. & Auletobius kuntzeni*) pouvant diminuer notablement le taux de germination.

Sur les jeunes arbres, de nombreuses attaques peuvent être observées sur les feuilles (Coléoptères, Lépidoptères, Orthoptères) et les jeunes pousses pouvant entraîner un dessèchement de la cime.

Dans les plantations âgées, des attaques ont été observées :

- défoliation par des chenilles de Notodontides (chenilles défoliatrices) ;
- mulotage du tronc par des Coléoptères (Cerambycides, Bostrychides) et par des Lépidoptères (Cossides, Megalopygides),
- anecdotiquement, des symptômes de pourridié (Armillaire) ont été observés sur quelques arbres.

En l'absence d'éclaircies, les arbres dominés en surnombre, après une phase d'arrêt de la croissance de plusieurs années, disparaissent progressivement du fait d'un dépérissement caractérisé par une descente de cime suivie d'un dessèchement du houppier et par des attaques secondaires d'insectes (scolytes et cérambycidés) et de champignons pathogènes.

L'étude approfondie de ce dépérissement a mis en évidence des perturbations du cycle des éléments minéraux et organiques (azote) ainsi que des modifications du bilan nutritionnel chez les arbres dépérissants de plantations. Par ailleurs, l'étude en milieu contrôlé de la décomposition dans

le sol des racines de Framiré a permis de déceler un effet nettement dépressif de celles- ci sur la croissance et sur la nutrition azotée des jeunes plants (MALLET 1979).

Enfin, il s'avère que le Framiré est une espèce très sensible aux stress hydriques. Dans des situations stationnelles marginales avec un approvisionnement en eau déséquilibré ou après passage d'un feu courant, on peut aussi observer des phénomènes de dépérissement des arbres sur pied.

Ces résultats montrent donc que ces dépérissements brutaux sont liés à l'action souvent combinée :

- de facteurs de milieu défavorables (station, déficit hydrique, feux, ...)
- d'une concurrence intense mettant les arbres en position de stress,
- d'une perturbation du bilan nutritionnel.

REGLES CULTURALES

La densité à la plantation préconisée est de 700 tiges/ha.

Le Framiré est une espèce à croissance initiale moyenne : à 1 an la hauteur moyenne est de 2/2,5 m, à 2 ans elle est de 5/6 m, à 3 ans elle est de 9/10 m et à 4 ans elle atteint 12/14 m.

L'analyse de la croissance en hauteur montre qu'à 15 ans l'essentiel de celle-ci est réalisée, le peuplement d'avenir doit être en place. Le régime d'éclaircies préconisé pour les parcelles installées en plein découvert est le suivant :

Première éclaircie :

Elle est déclenchées dès que la hauteur dominante atteint 11 m. Elle prélève une tige sur deux.

Deuxième éclaircie :

Elle ramène la densité à 175 tiges/ha. Avant éclaircie, le diamètre moyen est de 20 cm et la surface terrière de 11 m2/ha.

Troisième éclaircie :

Elle ramène la densité à 70 tiges/ha. Avant éclaircie, le diamètre moyen

est de 40 cm et la surface terrière de 12 m2/ha.

Une table de production provisoire existe pour le Framiré (DUPUY et al. 1989). Quatre classes de fertilité sont distinguées. En fonction de l'objectif retenu, la dernière éclaircie est optionnelle.

Classes de fertilité	1	2	3	4
Diamètre d'exploitabilité (cm)	45 50	44 48	43 46	42 45
Nombre d'éclaircies	3 4	3 4	3 4	3 4
Age d'exploitabilité (ans)	22 27	27 32	32 40	37 60

Deux objectifs sont retenus en fonction du diamètre d'exploitabilité : 40 - 45 cm. Les tableaux suivants donnent les caractéristiques des peuplements correspondants.



Base d'un Framiré de 25 ans; Forêt de Yapo

CARACTERISTIQUES DES RECOLTES LORS DES ECLAIRCIES ET DE LA COUPE RASE.

Objectif diamètre d'exploitabilité 40 - 45 cm	Classes de fertilité			
	1	2	3	4
<u>Première éclaircie</u>				
Age (ans)	3	4	5	6
Nombre de tiges/ha récoltées	361	361	361	361
Volume récolté (m3/ha)	(25)	(25)	(25)	(25)
<u>Deuxième éclaircie</u>				
Age (ans)	6	7	8	9
Nombre de tiges/ha récoltées	175	175	175	175
Volume récolté (m3/ha)	36	44	51	58
Diamètre moyen (cm)	17	19	20	21
<u>Troisième éclaircie</u>				
Age (ans)	11	12	13	15
Nombre de tiges/ha récoltées	85	85	80	80
Volume récolté (m3/ha)	47	47	45	51
Diamètre moyen (cm)	26	26	26	27
<u>Récolte finale</u>				
Age (ans)	22	27	32	37
Nombre de tiges/ha récoltées	90	90	95	95
Volume récolté (m3/ha)	228	220	214	204
Diamètre moyen (cm)	45	44	43	42
Volume total produit (m3/ha)	336	336	335	338
Accroissement moyen (m3/ha/an)	15.3	12.4	10.55	9.1

CARACTERISTIQUES DES RECOLTES LORS DES ECLAIRCIES ET DE LA COUPE RASE

Objectif diamètre d'exploitabilité 45 - 50 cm	Classes de fertilité			
	1	2	3	4
Première éclaircie				
Age (ans)	3	4	5	6
Nombre de tiges/ha récoltées	361	361	361	361
Volume récolte (m3/ha)	(25)	(25)	(25)	(25)
Deuxième éclaircie				
Age (ans)	6	7	8	9
Nombre de tiges/ha récoltées	175	175	175	175
Volume récolté (m3/ha)	36	44	51	58
Diamètre moyen (cm)	17	19	20	21
Troisième éclaircie				
Age (ans)	11	12	13	15
Nombre de tiges/ha récoltées	80	80	75	75
Volume récolté (m3/ha)	44	44	42	48
Diamètre moyen (cm)	26	26	26	27
Quatrième éclaircie				
Age (ans)	17	20	24	27
Nombre de tiges/ha récoltées	30	25	25	25
Volume récolté (m3/ha)	37	31	31	33
Diamètre moyen (cm)	34	34	34	34
Récolte finale				
Age (ans)	27	32	40	50
Nombre de tiges/ha récoltées	65	70	75	75
Volume récolté (m3/ha)	214	204	200	188
Diamètre moyen (cm)	50	48	44	45
Volume total produit (m3/ha)	356	349	350	352
Accroissement moyen (m3/ha/an)	13.2	10.9	8.8	7.0

Pour un diamètre d'exploitabilité de 40 - 45 cm, trois éclaircies sont nécessaires et l'âge d'exploitabilité est de 30 ans environ.

Pour un diamètre d'exploitabilité de 45 - 50 cm quatre éclaircies sont nécessaires et l'âge d'exploitabilité est de 40 ans environ.

L'accroissement moyen en volume bois fort varie de 7 à 15 m3/ha/an.

22 Le Fraké (*Terminalia superba*)

Le Fraké de la famille des Combrétacées est une espèce héliophile caducifoliée, de la forêt dense humide semi-décidue. Dans son aire naturelle, la pluviométrie annuelle varie de 1 000 mm/an à 1 800 mm/an ; très localement elle peut atteindre 2 500, voire 3 000 mm/an (Cameroun, Gabon). La durée de la saison sèche varie de 3 à 5 mois. Le Fraké se rencontre à des altitudes comprises entre 150 et 600 mètres.

La défeuillaison a lieu en novembre-février, la majorité des arbres sont refeuillés avant la fin de la saison sèche.

Les dates de refeuillaison et de floraison sont étroitement corrélées : la floraison, qui dure 2 à 5 semaines a lieu, soit durant la feuillaison soit juste après celle-ci. "Le phénomène de défeuillaison-refeuillaison provoque l'apparition de fleurs, grâce sans doute à des stimuli qui pourraient être par exemple les auxines synthétisées dès le débourrage" (BOUILLET 1984).

La durée du cycle de fructification est variable : 6 à 9 mois. Les fruits, des samares ailées, se forment donc pendant la saison des pluies et arrivent à maturité au début de la saison sèche suivante. Les arbres les plus florifères sont souvent âgés de 25 ans et plus. On compte environ 10 000 graines désailées par kg.

C'est une espèce qui se greffe et se bouture aisément. Le système racinaire des jeunes plants est fondamentalement pivotant, il devient très rapidement traçant avec émission de nombreuses racines secondaires.

Pour les individus de forêt naturelle, le bois de couleur blanche est tendre à mi-dur, léger (D 12 = 0.5 - 0.6), peu nerveux, avec une faible rétractibilité. Il est utilisé en menuiseries intérieures et extérieures, déroulage, tranchage, lamellés-collés et ameublement.

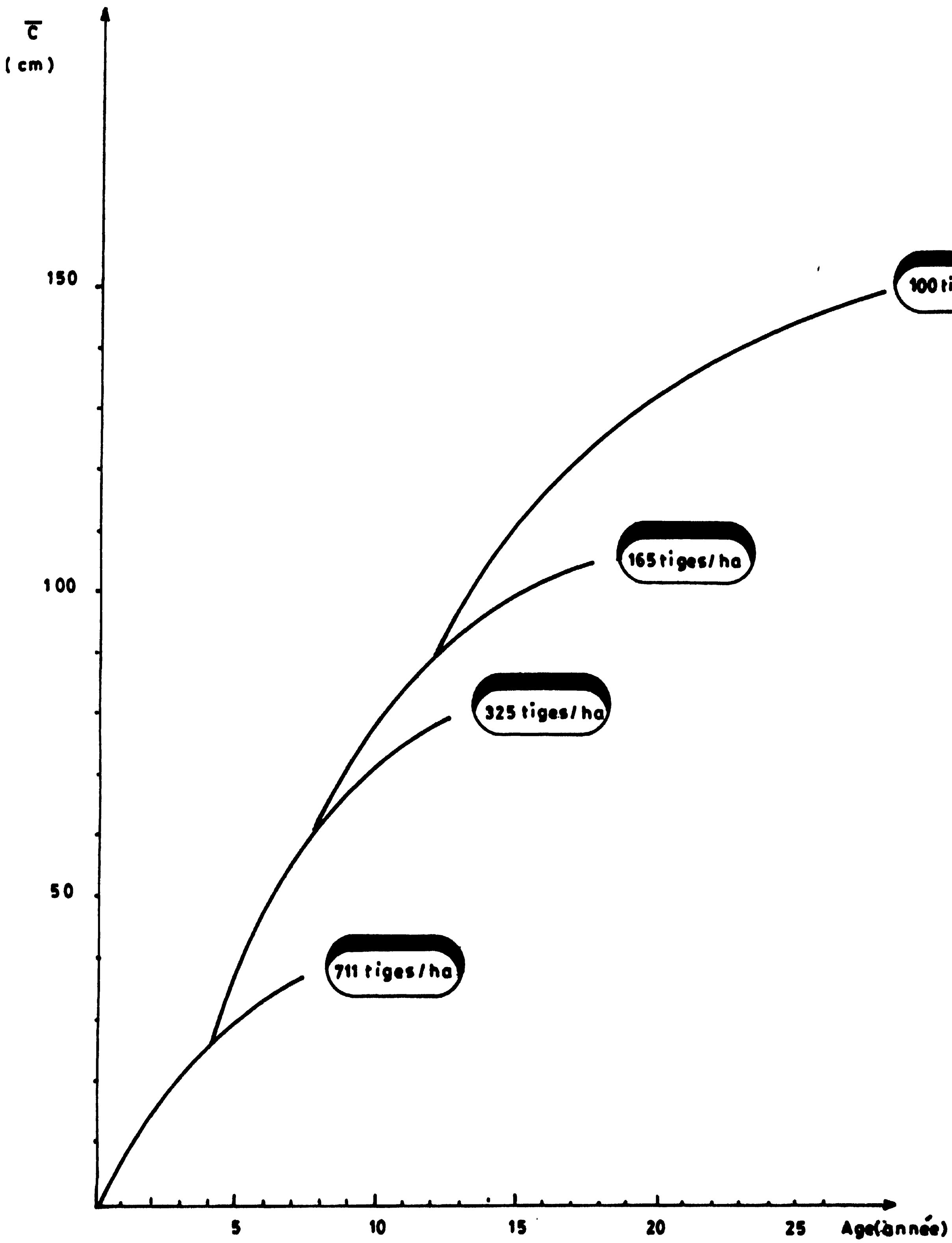
Ses caractéristiques mécaniques sont moyennes à faibles : la cohésion transversale est faible et la cohésion axiale moyenne. La durabilité naturelle est faible. Le séchage et l'imprégnabilité sont aisés.

Les bois de plantation ont une densité inférieure à ceux de forêt naturelle.

En ce qui concerne l'élagage naturel, qui est souvent imparfait, la hauteur élaguée à un âge donné et pour une hauteur totale donnée est liée à la provenance. A 12 ans, pour une même hauteur totale de 22 m, la hauteur élaguée varie de 10 à 15 m selon les provenances.

Il existe aussi, pour le Fraké, une variabilité interprovenance relative à la précocité de la défoliation, cette précocité étant corrélée négativement avec les caractères de vigueur.

Les meilleures provenances sont celles de Gregbeu (Côte d'Ivoire), d'Abofour et Amentia (Ghana), M'Balmayo (Cameroun). Les essais d'introduction de provenances Limba, originaires de l'hémisphère Sud, sont décevants.



- VARIATION DE LA CIRCONFERENCE MOYENNE EN FONCTION DE L'AGE ET DE LA DENSITE CHEZ LE FRAKÉ EN CONDITION DE FERTILITE MOYENNE.

Les principaux problèmes phytopathologiques rencontrés sont :

- Les piqûres noires internes des platypes (*Doliopygus spp.*),
- Les attaques de chenilles défoliatrices (*Lasiocampides, Lymantriides & Saturnides*) et d'acridiens (*Zoonocerus variegatus*) qui provoquent la destruction des feuilles ou des pousses terminales,
- Les poches internes de pourriture noire causées par des blessures ou un élagage naturel défectueux. Elles sont favorisées, en particulier, par l'installation de nids de fourmis arboricoles au niveau des verticilles.
- Les attaques de cossides (*Eulophonotus sp.*) au niveau des verticilles et chicots d'élagages.

REGLES CULTURALES

Pour le Fraké, il existe une table de production (DUPUY et al. 1987).

La densité de plantation préconisée est de 711 tiges/ha. Le Fraké est une espèce caducifoliée à croissance rapide : l'accroissement moyen en hauteur totale à 4 ans est de 2,5 m/an, à 10 ans il est de 2 m/an.

Sur des stations de fertilité moyenne, la révolution est de 20-25 ans pour un diamètre d'exploitabilité de 45-50 cm.

Le système des éclaircies préconisé repose sur trois interventions :

Première éclaircie :

Elle est déclenchée lorsque la hauteur dominante atteint 10 m. Elle prélève une tige sur deux.

Deuxième éclaircie :

Elle intervient lorsque la hauteur dominante atteint 15 m et la surface terrière 10 m2/ha. Avant éclaircie, le diamètre moyen est de 20 cm environ. Le prélèvement en éclaircie est d'une tige sur deux.

Troisième éclaircie :

Elle intervient lorsque la hauteur dominante atteint 20 m et la surface terrière 10 - 11 m2/ha. Avant éclaircie, le diamètre moyen est de 28 cm. Environ un arbre sur trois est éliminé en éclaircie.

Le rythme des éclaircies est fonction de la fertilité de la station. Cinq classes de fertilité sont distinguées :

Classe de fertilité	5	4	3	2	1
Fertilité	Mauvaise	Médiocre	Moyenne	Bonne	Excellente
Première éclaircie					
NAVE (tiges/ha)	711	711	711	711	711
NE (tiges/ha)	361	361	386	401	411
Age (ans)	7	6	5	4	3
Deuxième éclaircie					
NAVE (tiges/ha)	350	350	325	310	300
NE (tiges/an)	165	175	160	150	150
Age (ans)	10	9	8	7	6
Troisième éclaircie					
NAVE (tiges/ha)	185	175	165	160	150
NE (tiges/an)	55	60	65	65	60
Age (ans)	16	14	12	11	9
Récolte					
N (tiges/ha)	130	115	100	95	90
Age (ans)	25	24	23	20	18
Diamètre moyen (cm)	35	40	45	47	49
Volume bois fort sur pied en fin de révolution (m3/ha)	165	197	226	233	246
Production totale en fin de révolution (m3/ha)	241	286	331	346	348
Accroissement moyen en fin de révolution (m3/ha/an)	9.6	11.9	14.4	17.3	19.3

NAVE = Nombre de tiges/ha avant éclaircie

NE = Nombre de tiges/ha récolté lors de l'éclaircie



Fraké après la première éclaircie; forêt de Mopri

La table de production provisoire proposée est caractérisée par un régime d'éclaircies fortes et précoces. Le sylviculteur intervient aussi tôt que possible en essayant d'éviter que s'installe un état de concurrence préjudiciable à la croissance individuelle des tiges d'avenir.

Par ailleurs, le prélèvement en éclaircie est réalisé de manière à réduire le nombre des interventions sans toutefois compromettre l'avenir des peuplements concernés. D'une manière générale, plus le peuplement est jeune et sur une bonne station, plus le prélèvement est fort.

L'objectif est de pratiquer les éclaircies dans la phase dynamique de constitution du peuplement, période pendant laquelle les arbres réagissent le mieux et le plus rapidement aux modifications des conditions du milieu.

Le peuplement est ainsi ramené à densité définitive précocement et peut bénéficier d'une période de maturation d'une dizaine d'années avant la récolte finale.

L'étalement des éclaircies qui pourrait favoriser des récoltes intermédiaires de produits de dimensions moyennes n'a pas été recherché. En effet, d'une part, ce choix induirait un allongement de la révolution et, d'autre part, la valorisation des produits d'éclaircie est fort aléatoire.

De fait, la rotation des éclaircies est rapide. Elle est de 3/4 ans sur station fertile et peut atteindre 6 ans sur mauvaise station. Le choix de la durée de la révolution est fonction du diamètre d'exploitabilité. La valeur de ce diamètre est comprise entre 35 cm pour les stations les moins fertiles et 50 cm pour les meilleures stations. Dès lors, la durée de la révolution préconisée n'excède jamais 25 ans, même pour les peuplements à croissance médiocre.

En conditions moyennes, la récolte finale représente environ 70 % de la production totale. Cette récolte finale est de 200 - 250 m3/ha (volume bois fort) soit environ 170 - 220 m3/ha de volume fût. Elle correspond à un accroissement moyen en fin de révolution de 8 - 13 m3/ha/an (volume bois fort sur pied).

23 Le Samba (*Triplochyton scleroxylon*)

Le Samba appartient à la famille des Sterculiacées, c'est une espèce caducifoliée de la forêt dense humide semi-décidue. A la faveur des défrichements, cette espèce se développe en zone de forêt dense humide sempervirente.

Dans son aire naturelle, la pluviométrie annuelle varie de 1 100 mm par an à 1 800 mm par an et la saison sèche de 3 à 5 mois.

La floraison débute en novembre et la fructification en février-mars. Elle est très irrégulière ; par ailleurs, les fruits sont très souvent parasités par :

- Des champignons (*Mycosyrinx nonveilleri*) qui provoquent des malformations létales des organes floraux et des fruits,

- Ou des charançons (*Apion spp.*) qui attaquent les fruits.

Lors de la récolte des graines, il faut de plus éviter une dessiccation trop brutale de celles-ci ; le séchage doit être très progressif sous peine de réduire considérablement le pouvoir germinatif. On compte environ 5 000 graines désailées par kg. Pour pallier l'irrégularité des fructifications, le reboiseur a recours à la multiplication végétative industrielle de boutures herbacées (DELAUNAY 1978).

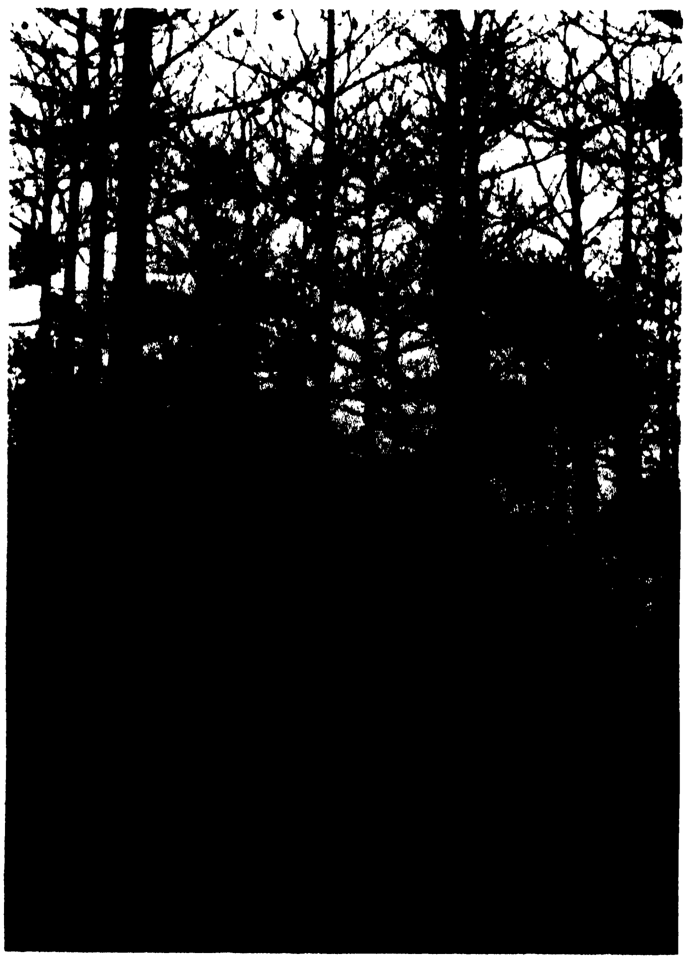
Celle-ci est réalisée à partir de parc à bois régulièrement recépés où sont prélevés les rejets herbacés feuillés qui seront bouturés sous châssis (voir techniques de pépinières).

Le système racinaire présente un pivot fréquemment fourchu et un enracinement secondaire peu abondant.

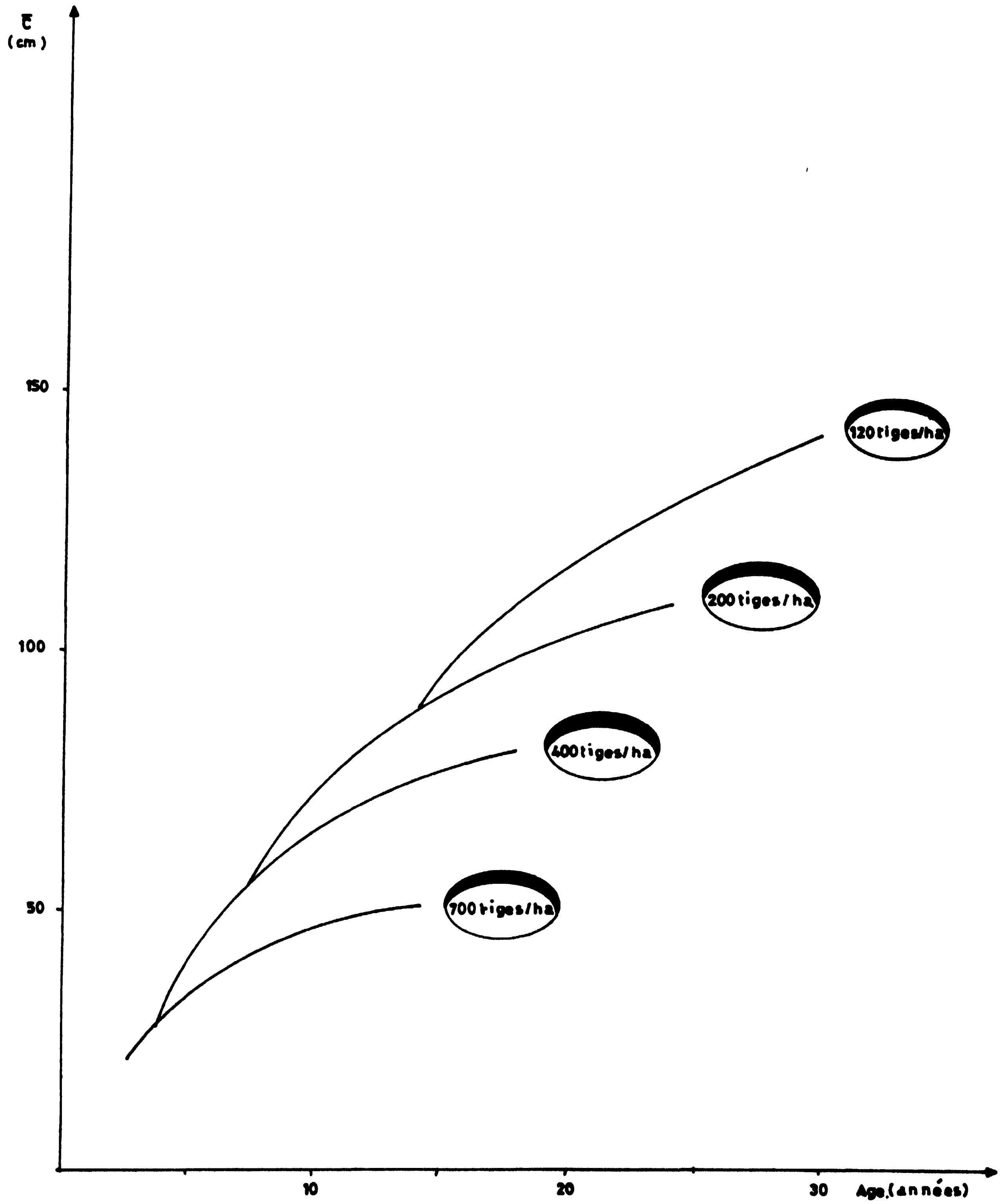
Le bois est de couleur blanc-jaunâtre, il a une densité faible (D 12 = 0,4), une dureté, un retrait et une nervosité faible ; le séchage et l'imprégnabilité sont aisés. Ses bonnes qualités physiques en font un bois apprécié en sciage, tranchage et déroulage. Ses qualités mécaniques (faible cohésion axiale et transversale) et sa faible durabilité limitent son utilisation à l'ameublement, les menuiseries intérieures et l'industrie des panneaux.

Les grumes présentent souvent des piqûres et des décolorations imputables au scolyte du Samba (*Trachyostus ghanaensis*). Par ailleurs, le mulotage du Samba par un cosside (*Eulophonotus sp.*) peut atteindre un nombre important de tiges. Fort heureusement, il est localisé essentiellement dans la bille de pied, jusqu'à 2-3 mètres de hauteur.

Des attaques de chenilles d'un Notodontide (*Anaphe venata*) connu au Nigéria comme agent de défoliation important, ont été enregistrées.



Sambas de 17 ans, forêt de Mopri



VARIATION DE LA CIRCONFÉRENCE MOYENNE EN FONCTION DE L'AGE ET DE LA DENSITÉ POUR LE SAMBA.

REGLES CULTURALES

Le Samba est une espèce dont la croissance en diamètre est rapide. L'accroissement moyen varie entre 1 cm/an et 3 cm/an en fonction de l'âge et du type de peuplement. Le Samba est une espèce héliophile qui doit être planté en plein découvert afin de pouvoir exprimer ses potentialités.

La densité à la plantation préconisée est de 700 tiges/an.

En fonction de la méthode de plantation (méthode du sous-bois et plein découvert), il a été possible de construire deux tables de production (DUPUY et al. 1990).

Méthode du plein découvert

En fonction de la fertilité, le diamètre d'exploitabilité est compris entre 35 cm et 60 cm. Les choix sylvicoles proposés sont modulés de manière à éviter un allongement excessif des révolutions. Le diamètre d'exploitabilité retenu varie en fonction de la fertilité.

Les éclaircies sont fortes et précoces afin de ramener les peuplements à densité définitive le plus tôt possible.

Les âges d'exploitabilité sont compris entre 18 ans et 40 ans.

L'accroissement moyen en volume est compris entre 5 et 18 m3/ha/an.

PROPOSITION DE SYLVICULTURE ET ELEMENTS DE PRODUCTIVITE

POUR LES PLANTATIONS DE SAMBA EN PLEIN DECOUVERT

Classes de fertilité	Nombre d'éclaircies	Exploitabilité Age (ans)	Dg (cm)	V (m3/ha/an)	Accroissement moyen (m3/ha/an) récolte totale	récolte finale
1	4	18	60	209	17,8	11,6
2	3	24	50	263	14,3	10,9
3	3	30	45	237	10,4	7,9
4	3	35	40	184	7,7	5,2
5	3	40	35	138	5,5	3,4

Il est utile de prendre en considération l'influence de la dimension de la découpe de dimension sur les volumes récoltés. A cet effet, il est possible d'envisager quatre découpes de dimension.

Les résultats sont donnés pour les cinq classes de fertilité retenues pour cette table de production.

Classe de fertilité	5	4	3	2	1
Fertilité	Mauvaise	Médiocre	Moyenne	Bonne	Excellente
<u>Première éclaircie</u>					
N ave (tiges/ha)	711	711	711	711	711
N e (tiges/ha)	361	361	386	401	411
Age (ans)	7	6	5	4	3
<u>Deuxième éclaircie</u>					
N ave (tiges/ha)	350	350	325	310	300
N e (tiges/ha)	165	175	160	150	150
Age (ans)	10	9	8	7	6
<u>Troisième éclaircie</u>					
N ave (tiges/ha)	185	175	165	160	150
N e (tiges/ha)	55	60	65	65	60
Age (ans)	16	14	12	11	9
<u>Récolte</u>					
N (tiges/ha)	130	115	100	95	90
Age (ans)	25	24	23	20	18
Diamètre moyen (cm)	35	40	45	47	49
Volume bois fort sur pied en fin de révolution (m3/ha)	165	197	226	233	246
Production totale en fin de révolution (m3/ha)	241	286	331	346	348
Accroissement moyen en fin de révolution (m3/ha/an)	9.6	11.9	14.4	17.3	19.3

La table de production provisoire proposée est caractérisée par un régime d'éclaircies fortes et précoces. Le sylviculteur intervient aussi tôt que possible en essayant d'éviter que s'installe un état de concurrence préjudiciable à la croissance individuelle des tiges d'avenir.

Par ailleurs, le prélèvement en éclaircie est réalisé de manière à réduire le nombre des interventions sans toutefois compromettre l'avenir des peuplements concernés. D'une manière générale, plus le peuplement est jeune et sur une bonne station, plus le prélèvement est fort.

L'objectif est de pratiquer les éclaircies dans la phase dynamique de constitution du peuplement, période pendant laquelle les arbres réagissent le mieux et le plus rapidement aux modifications des conditions du milieu.

Le peuplement est ainsi ramené à densité définitive précocement et peut bénéficier d'une période de maturation d'une dizaine d'années avant la récolte finale.

L'étalement des éclaircies qui pourrait favoriser des récoltes intermédiaires de produits de dimensions moyennes n'a pas été recherché. En effet, d'une part ce choix induirait un allongement de la révolution et d'autre part, la valorisation des produits d'éclaircie est fort aléatoire.

De fait, la rotation des éclaircies est rapide. Elle est de 3-4 ans sur station fertile et peut atteindre 6 ans sur mauvaise station. Le choix de la durée de la révolution est fonction du diamètre d'exploitabilité. La valeur de ce diamètre est comprise entre 35 cm pour les stations les moins fertiles et 50 cm pour les meilleures stations. De fait, la durée de la révolution préconisée n'excède jamais 25 ans même pour les peuplements à croissance médiocre.

En conditions moyennes, la récolte finale représente environ 70 % de la production finale. Cette récolte finale est de 200 - 250 m3/ha (volume bois fort) soit environ 170-220 m3/ha de volume fût. Elle correspond à un accroissement moyen en fin de révolution de 8 – 13 m3/ha/an (volume bois fort sur pied).

<u>Méthode du sous-bois</u>

Pour atteindre un diamètre d'exploitabilité de 40 cm, il faut attendre entre 20 ans et 30 ans dans des conditions de fertilité bonnes à moyennes.

L'accroissement moyen en volume bois fort est alors compris entre 5 et 11 m3/ha/an selon la densité et la fertilité (classe 2 à 3).

Le maximum de productivité enregistré en classe 1 de fertilité pour une densité de 150 tiges/ha et un diamètre d'exploitabilité de 50 cm est de 14,7 m3/ha/an à 30 ans.

En fonction de la fertilité et de la densité des plantations, les propositions sylvicoles suivantes peuvent être retenues :

AGES ET DIAMETRES D'EXPLOITABILITE POUR DIFFERENTES CLASSES DE FERTILITE DES PLANTATIONS DE SAMBA PAR LA METHODE DU SOUS-BOIS

Classes de fertilité	Age (ans)	Densité (tiges/ha)	Diamètre d'exploitabilité (cm)	Accroissement moyen en volume (m3/ha/an)
1	30 27	150 75	50,3 59,8	14,7 11,7
2	37 29	150 75	44,9 50,4	9,4 7,7
3	35 29	150 75	35,4 40,0	6,0 4,7
4	33	100	30,0	3,0

L'influence de la densité est importante. Il faut rappeler ici qu'aucune éclaircie n'a pas été pratiquée dans ce type de plantations plantées à larges écartements.

INFLUENCE DE LA DENSITE SUR LA CROISSANCE EN DIAMETRE

(CLASSE 2 DE FERTILITE)

Age (ans)	20	23	29	32
Densité (tiges/ha)	75	100	150	200
Diamètre (cm)	39,7	39,8	40,7	40,2

Dans de bonnes conditions de fertilité, le diamètre d'exploitabilité de 40 cm sera atteint entre 20 et 32 ans pour des densités comprises entre 75 et 200 tiges/ha.

Le Cedrela odorata est une Méliacée originaire d'Amérique tropicale qui se rencontre depuis le Mexique jusqu'en Argentine. Son aire naturelle correspond à la zone de la forêt dense semi-décidue et sempervirente avec une pluviosité annuelle comprise entre 1 200 et 2 500 mm/an et une saison sèche de 2 à 4 mois.

Il fructifie en saison sèche (Février-Mars). On compte environ 50 000 graines par kg.

Le bois de couleur rouge est odorant, tendre et léger. Traditionnellement, il est utilisé en menuiserie et ébénisterie. En plantation, sa densité varie entre 0,35 et 0,50. Les caractéristiques technologiques des bois de plantation sont satisfaisantes.

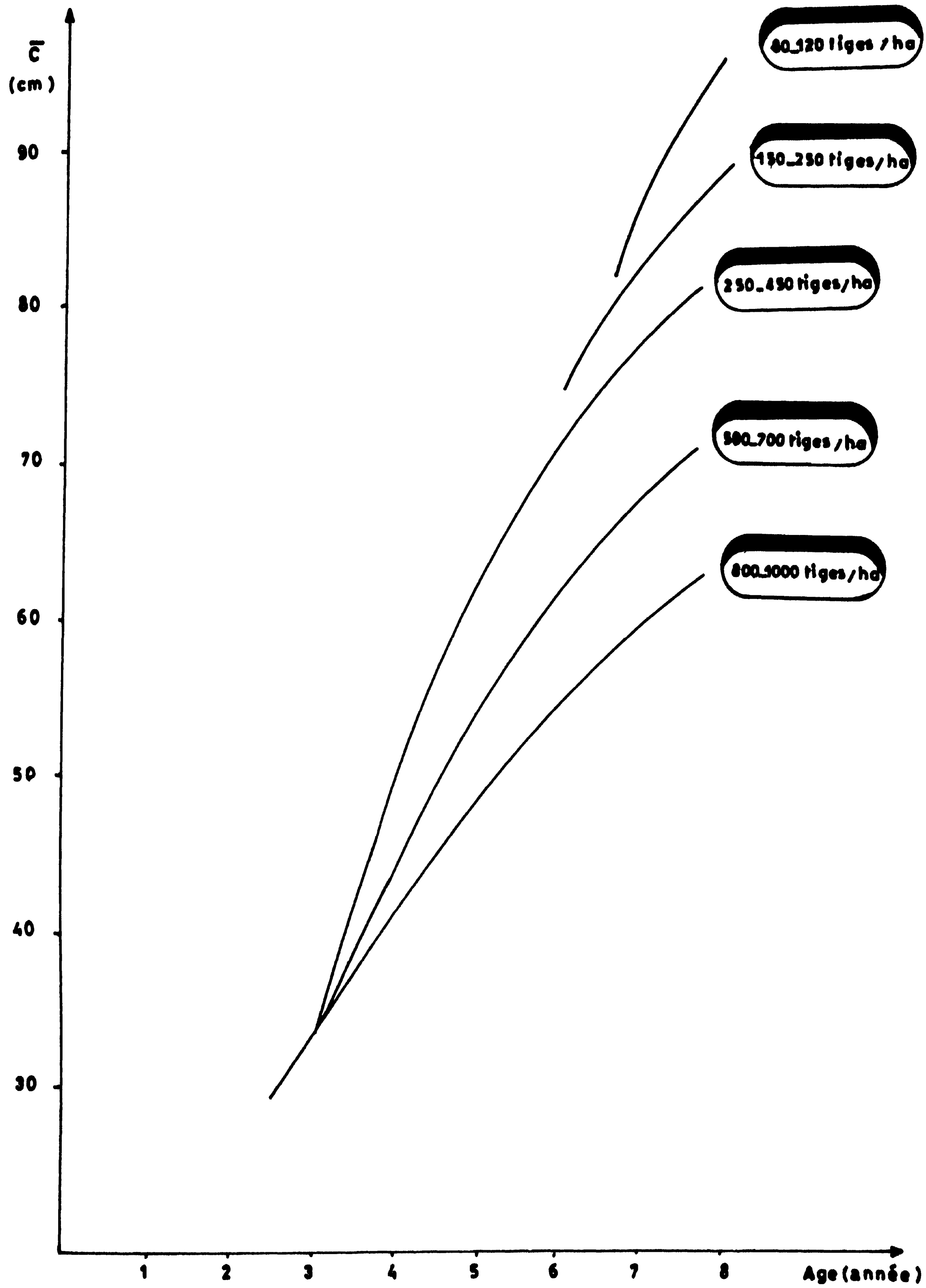
Les premières introductions en Afrique tropicale ont été réalisées au début du siècle (1920 au Ghana, 1929 au Nigéria). En Côte d'Ivoire les premières plantations ont été réalisées vers 1945 (Soubré). En 1964-65, des parcelles de comportement ont été installées à Mopri et Sangoué.

Compte tenu en particulier de l'étendue de l'aire naturelle du Cedrela, une grande variabilité génétique est constatée au sein des tests de provenances.

Certaines provenances testées en Côte d'Ivoire ont une vigueur et une forme très médiocre : Missiones (Argentine). Pour la vigueur, les meilleures provenances sont Chiquibil (Honduras) et Ste Marie (Jamaïque) avec à 8 ans, un accroissement moyen en hauteur de 2,5 m/an et un accroissement moyen sur le diamètre de 3 cm/an. Ces deux provenances ont une bonne aptitude à l'élagage naturel, la provenance Chiquibil présente toutefois un taux élevé d'arbres fourchus.

Les meilleures provenances pour la forme ne sont pas les plus vigoureuses. En ce qui concerne la conformation, l'interdépendance sylviculture/amélioration génétique est étroite. Différentes introductions de provenances confirment la supériorité de certaines provenances de Bélize et du Costa Rica.

Les provenances ghanéennes issues de vergers à graines ne répondent pas aux espoirs qu'elles ont suscités. Empiriquement, l'antagonisme vigueur/forme se retrouvera dans la sylviculture préconisée. Il faudra souvent privilégier des arbres codominants bien conformés en éliminant des dominants vigoureux mais sans valeur marchande.



VARIATION DE LA CIRCONFERENCE MOYENNE EN FONCTION DE LA DENSITÉ ET DE L'AGE POUR LE CEDRELA ODORATA.

Dans son aire d'origine, un certain nombre d'attaques du système foliaire ont été observées ainsi que des attaques de pourridié. Le principal problème reste cependant les attaques de borers (*Hypsipyla grandella*).

En Côte d'Ivoire aucune attaque de borers n'est enregistrée. Toutefois, certains insectes (*Platipodides, Bostrychides*) peuvent causer des dégâts importants sur *Cedrela odorata*. Très localement des foyers de pourridié (*Phellinus noxius, Armillariella sp., Rigidoporus lignosus*) ont été observés.

REGLES CULTURALES

Les résultats des essais montrent que, compte tenu des problèmes de forme, il faut s'orienter vers des plantations aussi denses que possible : la densité minimale retenue est de 1 100 tiges/ha (MAITRE 1979).

Pour la plantation, on pourra utiliser indifféremment des stumps ou des plants en sachets.

Pour le *Cedrela odorata* il existe une table de production (DUPUY et al. 1988). Quatre classes de fertilité sont distinguées.

Le régime des éclaircies préconisé est le suivant :

Première éclaircie :

Cette éclaircie est déclenchée quand la hauteur dominante atteint 9,5 m. Une tige sur deux est éliminée.

Deuxième éclaircie :

Cette éclaircie est déclenchée quand la hauteur dominante atteint 15 m. Avant éclaircie, le diamètre moyen est de 19 cm et la surface terrière de 19 m2/ha. L'éclaircie prélève une tige sur deux.

Troisième éclaircie :

Cette éclaircie est déclenchée quand la hauteur dominante atteint 22 m. Avant éclaircie, le diamètre moyen est de 30 cm et la surface terrière de 19 m2/ha. L'éclaircie prélève environ 40 % du nombre de tiges sur pied.

Quatrième éclaircie :

Cette éclaircie est déclenchée quand la surface terrière atteint 21 m2/ha. Avant éclaircie, le diamètre moyen est d'environ 40 cm. Une tige sur trois est éliminée en éclaircie.

	Classes de fertilité			
	1	2	3	4
Première éclaircie				
Age (années)	3	4	5	7
Densité (tiges/ha) :				
. Avant éclaircie	1 100	1 100	1 100	1 100
. Eclaircie	550	550	550	550
Volume récolté (m3/ha)	32	41	40	41
Deuxième éclaircie				
Age (années)	5	6	8	12
Densité (tiges/ha) :				
. Avant éclaircie	550	550	550	550
. Eclaircie	275	275	275	250
Volume récolté (m3/ha)	54	54	53	49
Diamètre moyen de l'éclaircie (cm)	15	15	14	15
Troisième éclaircie				
Age (années)	8	10	14	21
Densité (tiges/ha) :				
. Avant éclaircie	275	275	275	300
. Eclaircie	125	115	100	100
Volume récolté (m3/ha)	60	54	6	43
Diamètre moyen de l'éclaircie (cm)	24	24	23	22
Quatrième éclaircie				
Age (années)	13	16	22	
Densité (tiges/ha) :				
. Avant éclaircie	150	160	175	
. Eclaircie	55	55	50	
Volume récolté (m3/ha)	53	49	40	
Diamètre moyen de l'éclaircie (cm)	35	33	31	
Récolte				
Age (années)	25	28	32	30
Densité (tiges/ha)	95	105	125	200
Volume (m3/ha)	263	241	217	193
Diamètre moyen (cm)	61	55	48	36



Essai d'écartement de Cedrela odorata à 15 ans;forêt de Sangoué

Le *Cedrela odorata* est une espèce pour laquelle la variabilité de la vigueur et celle de la forme sont grandes. Les éclaircies respecteront les impératifs de mise à distance tout en veillant soigneusement à éliminer, dans l'étage dominant, les arbres mal conformés et tarés : l'aspect sélectif des éclaircies est fondamental. Pour maximiser l'accroissement individuel des arbres d'avenir, il est nécessaire d'intervenir précocement, car dans la phase juvénile de croissance, la forte capacité de réaction à l'éclaircie du Cedrela permet des interventions intenses, mais en nombre réduit.

L'accroissement moyen en volume bois fort varie entre 11 m3/ha/an et 19 m3/ha/an selon la fertilité. Le diamètre d'exploitabilité retenu varie entre 40 et 60 cm.

3 ESPECES A CROISSANCE RAPIDE A PROMOUVOIR EN BOIS D'OEUVRE

31 Les Pins

Les essais d'introduction de pins d'Amérique Centrale ont permis de sélectionner deux espèces :

- *Pinus caribaea var. hondurensis,*

- *Pinus oocarpa.*

Dans son aire naturelle, *Pinus caribaea var. hondurensis* est une espèce de plaines et vallées côtières où chaque population installée sur une portion de versant est isolée des autres par des formations végétales différentes. Entre 600 m et 800 m d'altitude on le rencontre en mélange avec *Pinus oocarpa*. Cette dernière espèce développe en général au-dessus de 600 m d'altitude où elle forme un étage de végétation succédant aux formations de basses altitudes où croît en particulier *Pinus caribaea*.

Pinus caribaea var. hondurensis dont l'aire est située entre 12° et 18° de latitude Nord croît depuis le niveau de la mer jusqu'à 800 m d'altitude.

Dans cette aire, la pluviométrie annuelle varie de 1 200 mm/an dans les stations continentales à 4 200 mm/an sur la façade atlantique. La saison sèche varie de 0 à 6 mois.

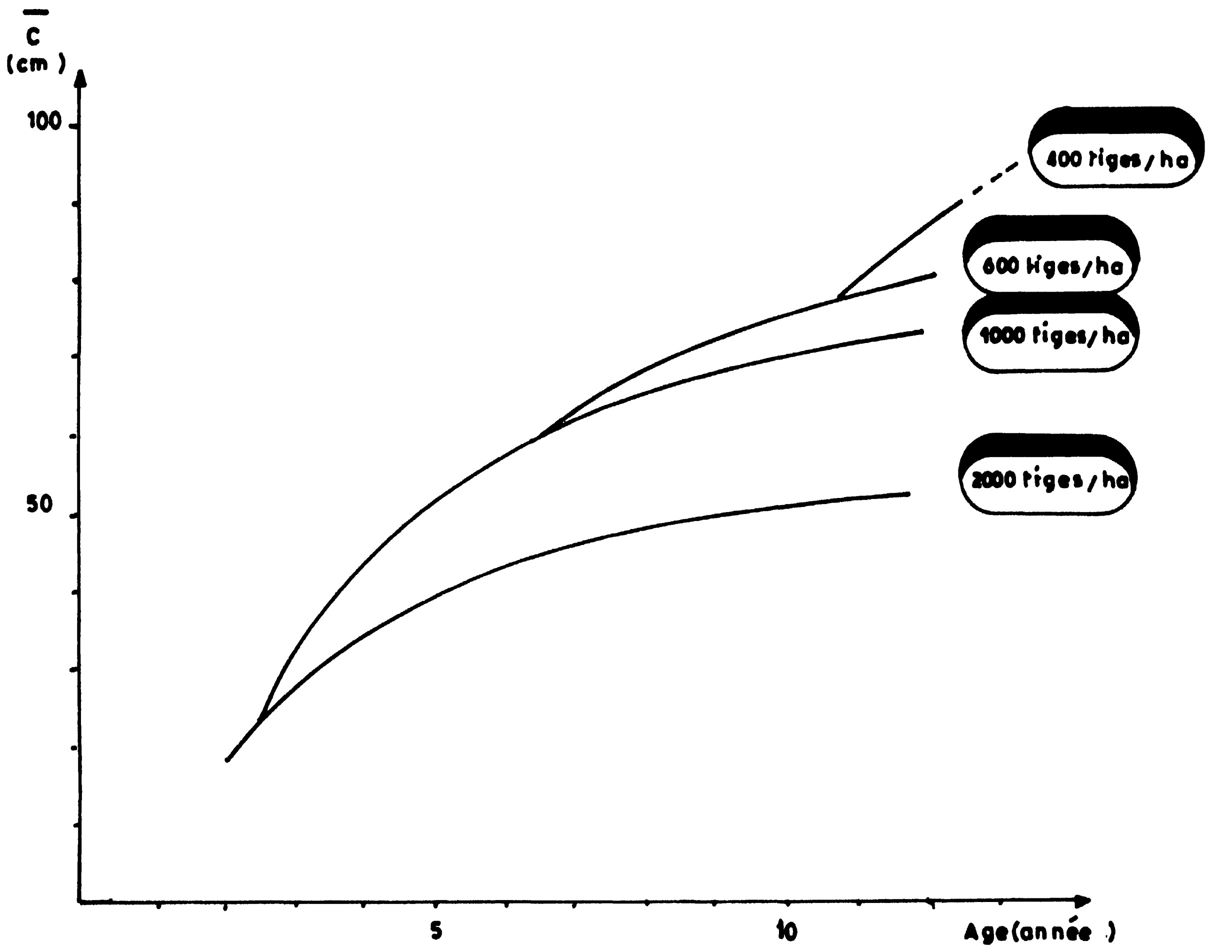
Il existe une grande variabilité intraprovenance. La sélection est effectuée sur les critères de vigueur, de rectitude, de fourchaison, de taille et d'angle d'insertion des branches.

Les meilleures provenances testées en zone de forêt dense sempervirente sont celles originaires du Nicaragua (Alamicamba, Karawalata, Santa Clara), du Guatemala (Poptun) et du Honduras (Limones, Guanaja). La sélection de provenances adaptées à la zone de forêt dense sempervirente s'orientera vers les zones de basse altitude (< 700 m) et dont la pluviométrie annuelle est supérieure à 1 800 mm/an (Diabaté 1980).

Pinus oocarpa, dont l'aire est comprise entre 12° et 27° de latitude Nord, croît à des altitudes comprises entre 400 m et 1 800 m. Localement, cette espèce peut atteindre l'altitude de 2 450 m (Guatemala) ou descendre à de basses altitudes (200 m au Mexique et au Guatemala).

Dans cette aire, la pluviométrie annuelle varie de 700 mm/an à 2 500 mm/an et la saison sèche de 2 à 6 mois ; de fait il existe aussi une grande variabilité intraprovenance pour cette espèce.

En zone de forêt dense humide sempervirente, les meilleures provenances sont celles du Nicaragua (Yucul, Camélias, Rafaël) et de Belize (Mte Pine ridge). La sélection s'orientera vers des provenances originaires de zones de basse altitude (< 900 m) et dont la pluviométrie annuelle excède 1 500 mm/an.



VARIATION DE LA CIRCONFÉRENCE EN FONCTION DE LA DENSITÉ EN ZONE DE FORET DENSE SEMPERVIRENTE POUR PINUS CARIBAEA

En basse Côte d'Ivoire, les premières fructifications de *Pinus caribaea var. hondurensis* ont été observées à l'âge de 10 ans. Cette espèce peut être greffée (greffe en fente et par approche) et bouturée.

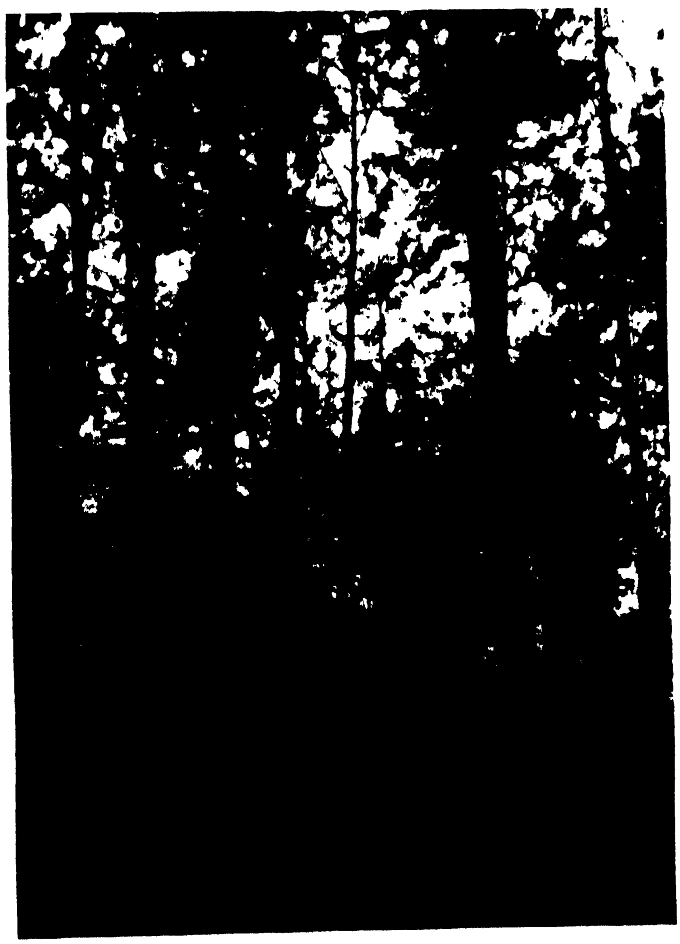
Le bois est léger (D 12 = 0,4-0,5 pour Pinus caribaea à mi-lourd (D 12 = 0,5-0,6) pour Pinus oocarpa et de rétractibilité faible à moyenne. Les qualités mécaniques sont moyennes à faibles.

REGLES CULTURALES

Pour les meilleures provenances testées en zone de forêt dense humide sempervirente, à 4 ans, Pinus caribaea a une croissance initiale en hauteur (1,8 à 2,3 m/an) supérieure à celle du Pinus oocarpa (1,2 à 1,5 m/an).

En zone de forêt dense humide sempervirente de plaine, *Pinus caribaea var. hondurensis* est une espèce à croissance moyenne initiale. A 1 an la hauteur moyenne est de 0,8 à 1 m, à 2 ans elle est de 3/4 m et à 4 ans elle est de 7/9 m.

La densité à la plantation préconisée est de 1 100/1 500 tiges/ha.



Pins des Caraibes de 22 ans; forêt de Yapo

En zone de forêt dense humide sempervirente, pour *Pinus caribaea*, le système provisoire d'éclaircies proposé est le suivant :

- Lorsque la hauteur moyenne est de 7 à 9 m et le diamètre moyen de 10 à 12 cm, un dépressage ramène la densité à 800-900 tiges/ha. Le peuplement est âgé de 3 à 4 ans.

- Lorsque la hauteur moyenne est de 14 à 16 m et le diamètre moyen de 18 à 20 cm,une première éclaircie ramène la densité à 500-600 tiges/ha. Le peuplement est âgé de 7 à 9 ans.

- Lorsque la hauteur moyenne est de 17 à 19 m et le diamètre moyen de 23 à 25 cm, une deuxième éclaircie ramène la densité à 350-400 tiges/ha. Le peuplement est âgé de 10 à 12 ans.

- Vers 15 ans, une troisième éclaircie ramène le peuplement à une densité d'environ 200 tiges/ha. Les éclaircies ultérieures éventuelles restent à préciser.

A 8-10 ans, pour une densité de 600 tiges/ha, l'accroissement moyen volume bois fort est de l'ordre de 25 m3/ha/an.

Pour un diamètre d'exploitabilité de 60 cm, la révolution est de 30 ans environ.

En zone préforestière le choix s'orientera plutôt vers des provenances de Pinus oocarpa de basse altitude.

A 10 ans, pour une densité de 645 tiges/ha, le diamètre moyen est de 18 cm et la hauteur totale moyenne de 17 m.

A 15 ans, pour une densité de 420 tiges/ha, le diamètre moyen est de 23 cm et la hauteur totale moyenne de 22 m. L'accroissement moyen sur le volume bois fort est de 11 m3/ha/an (Outtara 1982).

Le *Gmelina arborea*, de la famille des Verbénacées, est une espèce asiatique dont l'essentiel de l'aire de répartition naturelle se trouve en Inde (latitude 28° Nord à 5° Sud, longitude 70° Est à 95° Est). Il est présent depuis le Pakistan jusqu'au Bangladesh, Birmanie, Sri Lanka, Thaïlande, Laos, Kampuchea, Viet-Nam et les provinces du Sud de la Chine. Il existe aussi en Malaisie et aux Philippines où il serait subspontané. Par ailleurs il a été introduit dans de nombreux pays de la zone tropicale humide africaine depuis plusieurs décennies.

Dans son aire d'origine, on le rencontre depuis le niveau de la mer jusqu'à 1 500 m d'altitude. La pluviométrie annuelle varie de 700 mm/an (dry deciduous forest) à 4 500 mm/an (moist deciduous forest). Les minima de température varient de - 1° C à 16° C et les maxima de 38° C à 48° C.

Une aire de répartition aussi vaste suppose l'individualisation de nombreux écotypes. Deux variétés ont été identifiées en Inde : *var. glaucescens et var. canescens.*

A l'état naturel, le Gmelina est une espèce peu grégaire que l'on rencontre depuis les zones de forêt dense humide sempervirente jusqu'aux zones de forêt sèche. Dans ces dernières, son port est très souvent arbustif. Il ne supporte pas les sols hydromorphes ou inondés pendant de longues périodes.

Cette espèce caducifoliée est défeuillée en saison sèche. Dans son aire naturelle, elle fleurit en fin de saison sèche et fructifie deux mois environ après la floraison. En fait, il existe de grandes variations inter et même intra-individuelles dans les périodes de floraison et de fructification.

En Côte d'Ivoire, la fructification s'étale de Décembre à Juin. Le fruit est une drupe charnue dont le noyau contient une à cinq graines, le plus souvent deux. On compte environ 800 fruits par kg.

En plantation, les arbres commencent à fructifier dès l'âge de 3 - 4 ans. La production est de l'ordre de 5/6 kg de fruits par arbre, soit environ 0.5 kg de fruits dépulpés/arbre.

En peuplement, la durée de vie de l'arbre varie d'une dizaine d'années sur les stations les moins bonnes à une cinquantaine d'années sur les meilleures. Il rejette très bien de souche et se bouture aisément à partir de rejets non lignifiés.

Les graines germent dans un délai d'une à deux semaines après le semis, aucun prétraitement n'est nécessaire. Un trempage des graines pendant 24 heures permet toutefois de régulariser la levée. Pour la plantation, on peut utiliser indifféremment des plants en sachets et/ou des stumps.

La sélection des meilleures provenances est effectuée sur les critères suivants : cylindricité, rectitude, qualité et hauteur de l'élagage naturel, hauteur de fourchaison, tiges multiples.

En zone de forêt dense humide sempervirente, les meilleures provenances testées sont :

- Tamilnadu (Inde) avec une très bonne vigueur mais branchue,
- Bamoro (Côte d'Ivoire) et Kundrukutu (Inde) avec une bonne rectitude, une bonne cylindricité, une bonne vigueur et un élagage moyen.

En zone de forêt dense humide semi-décidue, les meilleures provenances testées sont : Baramura (Inde), Shikaribari (Inde) et Bamoro (Côte d'Ivoire) qui allient une bonne vigueur avec des critères de forme bons à moyens.

Quant aux problèmes de forme, les premières observations réalisées dans les tests de provenances installés en Côte d'Ivoire montrent que :

- Le caractère tige multiple, fréquent chez le Gmelina, est indépendant de la provenance mais semble lié à la station (type de plant, sol, ...),
- L'élagage déficient (présence de chicots) s'aggrave avec le caractère branchu,
- Les arbres cylindriques sont droits, verticaux et bien élagués,
- La rectitude, la présence de chicots et la dimension des noeuds sont indépendantes de la station.

REGLES CULTURALES

Très souvent introduit dans des expérimentations de reboisement à courte révolution, le Gmelina est une espèce à croissance rapide.

En zone de forêt dense humide, la hauteur totale moyenne est de 1,5 m à 1 an, et 2,5 m à 2 ans. Introduit en zone préforestière, le Gmelina s'est révélé une espèce de reboisement intéressante. Pour une densité de 250/350 tiges/ha, à l'âge de 11 ans on obtient les accroissements moyens suivants :

Zone géographique	Accroissement moyen en :		
	hauteur (m/an)	diamètre (cm/an)	volume (m^3/ha/an)
sempervirente	2.5/3	-	-
semi-décidue	2.2/2.7	2.5/3	20/25
préforestière	1.5/2	1.5/2	15/20

En zone de forêt dense sempervirente, planté à 1 100 tiges/ha et non éclairci, il atteint le diamètre moyen de 20 cm (DHP) à 8-10 ans pour un accroissement moyen en volume bois fort de 30-40 m3/ha/an en parcelles expérimentales.

A cette même densité la concurrence apparaît très tôt. Dès 3-4 ans, pour un objectif bois d'oeuvre, un dépressage ramenant la densité à 600-700 tiges s'impose. A 5 ans, le diamètre moyen est d'environ 13-15 cm.

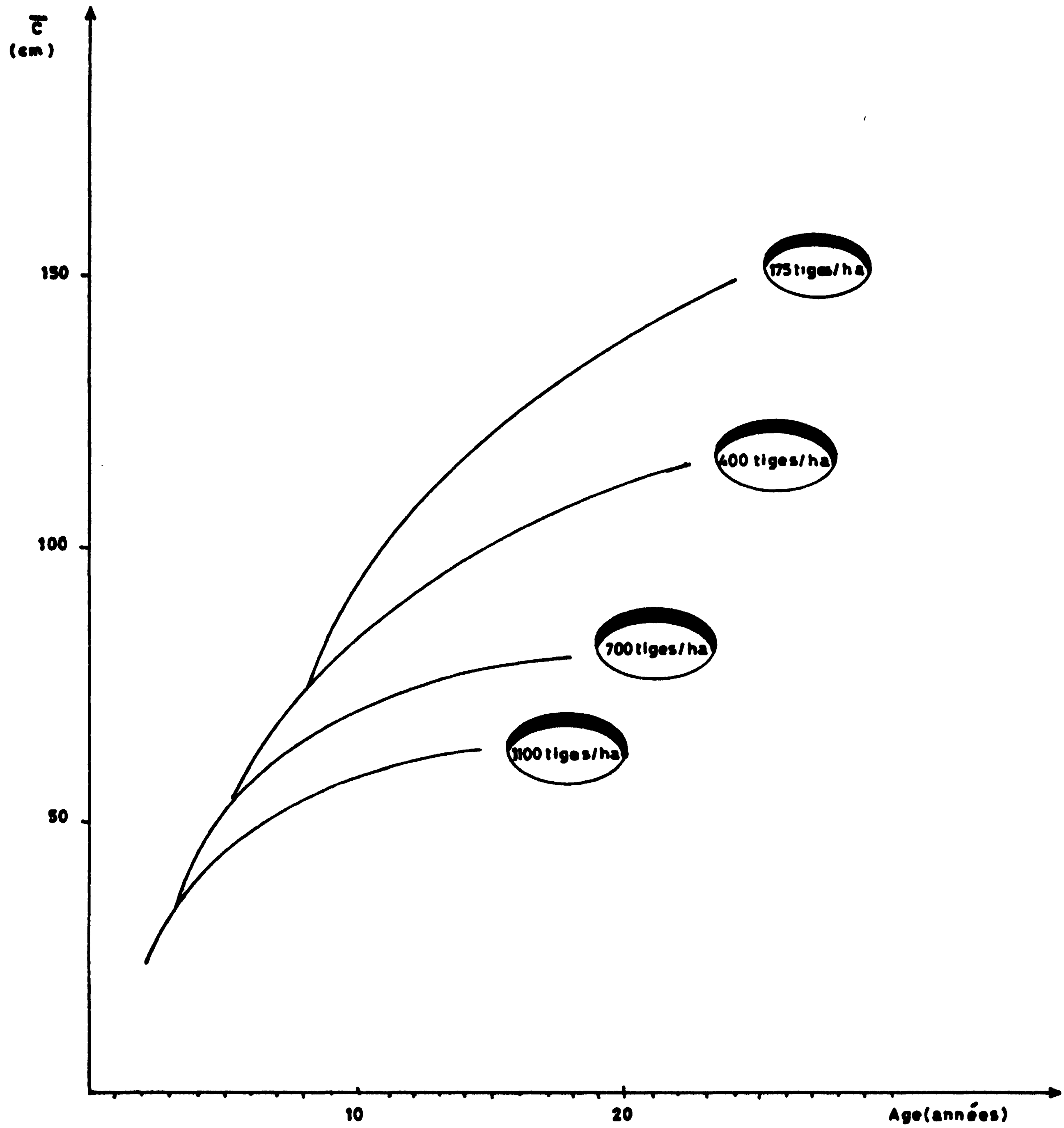
Une forme (rectitude, fourchaison, tiges multiples) et un élagage naturel souvent médiocre conduisent à préconiser des densités à la plantation de l'ordre de 1 100 tiges/ha permettant une fermeture rapide du couvert qui favorise l'élagage naturel et l'obtention d'une base suffisante pour la sélection des arbres d'avenir lors des éclaircies (CABARET 1988).

Les études sylvicoles montrent qu'il est nécessaire de respecter les impératifs sylvicoles suivants:

- une forte densité de plantation (1100 tiges/ha),
- un régime d'éclaircies fortes et précoces,
- un age et un diamètre d'exploitabilité variable en fonction de la fertilité

Le rythme des éclaircies est fonction de la fertilité des stations. Le diamètre d'exploitabilité retenu augmente avec la fertilité.
Les propositions de sylviculture sont:

- Un régime de 3 éclaircies.
- Une rotation entre les éclaircies comprise entre 3 et 12 ans en fonction de la fertilité et de l'age du peuplement.
- Un diamètre d'exploitabilité compris entre 35 et 60 cm en fonction de la fertilité.
- Un age d'exploitabilité compris entre 23 et 55 ans en fonction de la fertilité et du diamètre d'exploitabilité.



VARIATION DE LA CIRCONFÉRENCE EN FONCTION DE LA DENSITÉ ET DE L'AGE POUR LE GMELINA ARBOREA

Eclaircie		Niveau de fertilité 1	2	3	4	5
1	Nave (tiges/ha)	1111	1111	1111	1111	1111
	Age (ans)	3	4	5	6	10
	Ho (m)	supérieure à 9 mètre				
2	Nave (tiges/ha)	400	400	400	400	500
	Age (ans)	6	7	9	13	17
	Dg ave (cm)	23,8	23,5	22,8	22,2	18,8
3	Nave (tiges/ha)	200	200	200	200	250
	Age (ans)	9	11	15	24	35
	Dg ave (cm)	34,3	33,9	32,9	32,2	26,9
Récolte finale	N (tiges/ha)	115	115	115	115	150
	Age (ans)	23	27	30	40	55
	Dg (cm)	60,2	57,2	50,1	45,0	35,3

N ave : Densité avant éclaircie
Dg : Diamètre de l'arbre de surface terrière moyenne

La productivité des plantations est en premier lieu conditionnée par le niveau de fertilité des stations d'étude.
Cinq classes de fertilité ont été distinguées.

Niveau de Fertilité	Exploitabilité			Accroissement moyen (m3/ha/an)	
	Age (ans)	Dg (cm)	V (m3/ha)	Récolte Finale	Récolte Totale
1	23	60,2	350	15,2	20,3
2	27	57,2	314	11,6	16,2
3	30	50,1	236	7,8	11,8
4	40	45,0	187	4,7	7,7
5	55	35,2	144	2,6	4,3

La productivité des plantations de Gmelina arborea varie entre 4 et 20 m3/ha/an (Volume bois fort).

Le gradient de productivité, exprimé par la fertilité, est étroitement dépendant du régime pluviométrique.

Les meilleurs productivité sont enregistrées en zone de foret dense humide où la pluviométrie est la plus élevée et la mieux répartie.

Zone forestière	Foret dense humide	Secteur préforestier	Savanes guinéennes
Diamètre (cm) d'exploitabilité	45 à 60	30 à 35	25 à 35
Age (ans) d'exploitabilité	15 à 25	25 à 45	30 à 55
Accroissement moyen (m3/ha/an)	11 à 20	5 à 13	4 à 9

En zone de foret dense l'accroissement moyen en volume varie entre 11 et 20 m3/ha/an. Le diamètre d'exploitabilité varie entre 45 et 60 cm.
En zone préforestière, l'accroissement moyen en volume varie entre 5 et 13 m3/ha/an. Le diamètre d''exploitabilité varie entre 30 cm et 45 cm.
En zone de Savanes, l'accroissement moyen en volume est compris entre 4 et 9 m3/ha/an. Le diamètre d'exploitabilité varie entre 25 cm et 35 cm.
La récolte finale représente entre 60 et 75% de la récolte totale.



Jeune plantation de Gmélina

Compte tenu des données déjà disponibles, les règles sylvicoles suivantes peuvent être préconisées pour la zone de forêt dense :

- Vers 3-4 ans, une première éclaircie ramène la densité à 400 tiges/ha. les dimensions du peuplement avant éclaircie correspondent à un diamètre moyen de 10 cm, une hauteur moyenne de 10 m et une surface terrière de 9 m2/ha.

- Vers 5 - 7 ans, une deuxième éclaircie ramène la densité à 200 tiges/ha. Avant éclaircie le diamètre moyen est de 20 cm, la

hauteur moyenne de 15 m et la surface terrière de 13 m2/ha.

- Vers 8 - 10 ans, une troisième éclaircie ramène le peuplement à la densité de 125 tiges/ha. Le diamètre moyen est de 30 cm, la hauteur moyenne de 20 m et la surface terrière de 15 m2/ha.

Pour un diamètre d'exploitabilité de 45 cm, la révolution est de 15 - 20 ans. L'accroissement moyen sur le volume est de 10 à 15 m3/ha/an.

En zone préforestière, la croissance du Gmelina arborea reste intéressante. Pour des parcelles âgées, de bonne fertilité, on obtient les valeurs suivantes :

Age (ans)	Densité (tiges/ha)	C1. 30 cm (cm)	g (m2/ha)
16	296	98.4	23.4
16	520	79.5	26.6
26	292	110.0	28.9
26	516	84.4	29.7

4 ESPECES A CONFIRMER

41 Le Padouk (*Pterocarpus soyauxii*)

Le Padouk, de la famille des Papilionacées est originaire d'Afrique équatoriale où il est présent depuis le Nigéria jusqu'au Zaïre. C'est une espèce de forêt dense humide sempervirente qui ne dépasse que très rarement 1 m de diamètre.

Le bois, de couleur rouge vif, est mi-lourd (D 12 = 0,65 - 0,85) et dur.Il fonce à la lumière. Ses utilisations sont les menuiseries intérieures et extérieures, l'ébénisterie et le placage.

Le Padouk a été introduit avec succès en Côte d'Ivoire, en zone de forêt dense humide sempervirente, en 1960.

Le Padouk est une espèce sensible aux attaques de platypes sur le tronc.

REGLES CULTURALES

C'est une espèce à croissance rapide, à 1 an la hauteur moyenne est de 1,5 à 2 m, à 2 ans elle est de 4 à 5 m et à 6 ans elle atteint 15 à 18 m (ADOU KOUABLAN 1981).

A 6 ans, l'accroissement moyen en hauteur est de l'ordre de 2,2 m/an pour un accroissement moyen en diamètre de 2,5 cm/an.

Planté à la densité de 625 tiges/ha et non éclairci (plantation à vocation bois énergie), l'accroissement moyen en volume bois fort est de 30 m3/ha/an à 15 ans pour un diamètre moyen de 25 à 30 cm.

A 17 ans, pour une plantation éclaircie à 400 tiges/ha, l'accroissement moyen sur le diamètre des 150 arbres les plus gros est de 2,5 cm/an.

Toutefois, pour des arbres de 35 cm de diamètre, âgés de 15 ans, le pourcentage d'aubier est de 60 %.

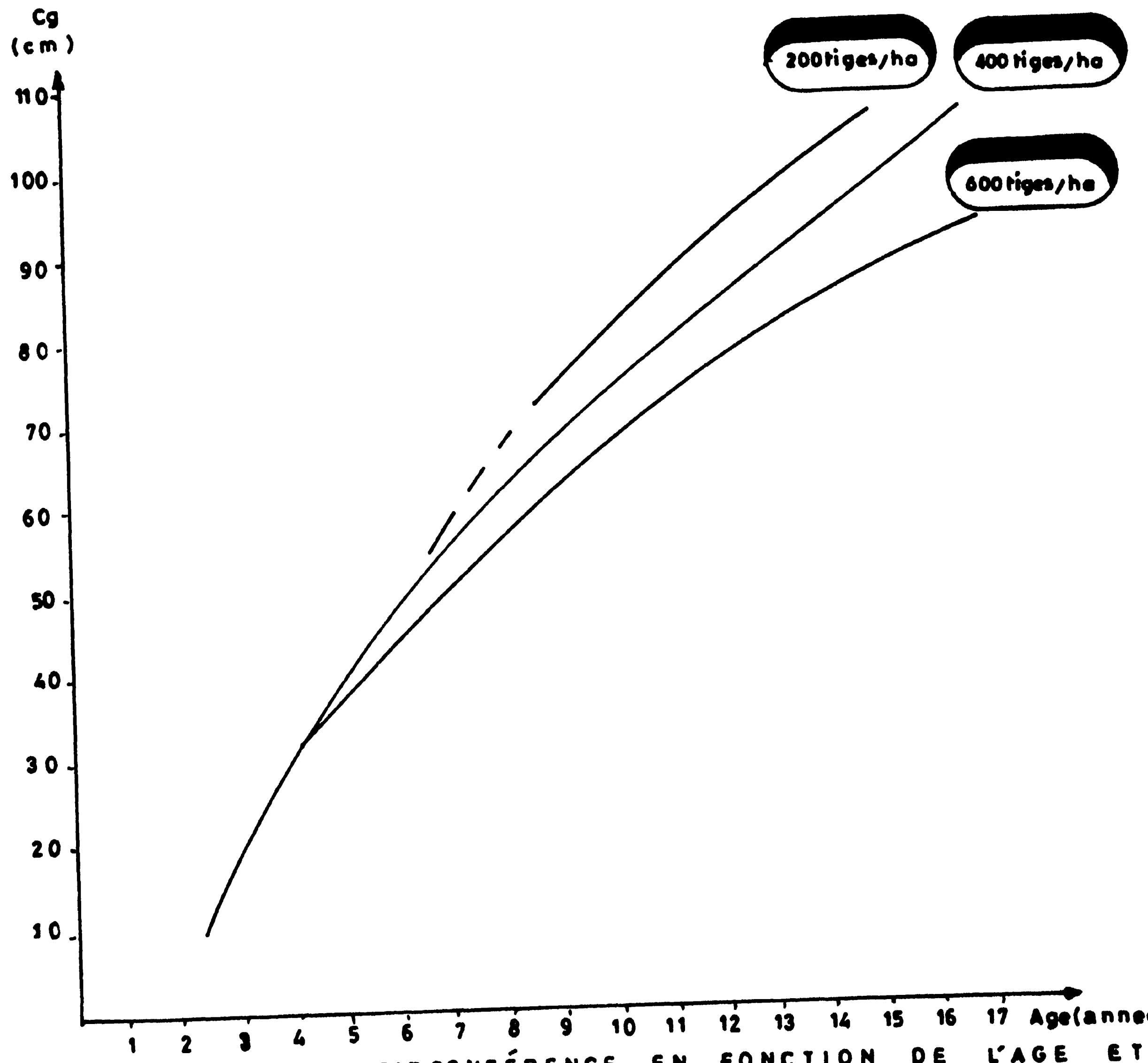
Les premières règles sylvicoles provisoires préconisées sont les suivantes :

- La densité à la plantation est de 700 tiges/ha.

- Lorsque la hauteur moyenne atteint 9 à 11 m, le diamètre moyen 10 à 12 cm et la surface terrière 6 à 8 m2/ha, une première éclaircie ramène la densité à 300-350 tiges/ha. Le peuplement est âgé de 4 à 5 ans.

- Lorsque la hauteur moyenne atteint 13 à 15 m, le diamètre moyen 15 à 17 cm et la surface terrière 6 à 8 m2/ha, une deuxième éclaircie ramène la densité à 125-150 tiges/ha. Le peuplement est âgé de 6 à 8 ans.

Pour un diamètre d'exploitabilité de 50 à 60 cm, la révolution est de 30 à 40 ans. L'accroissement moyen du volume bois fort est de l'ordre de 15 m3/ha/an à 15 ans.



VARIATION DE LA CIRCONFÉRENCE EN FONCTION DE L'AGE ET DE LA DENSITÉ CHEZ LE PADOUK EN ZONE DE FORÊT DENSE SEMPERVIRENTE.

Cette espèce caducifoliée héliophile, originaire d'Amérique latine, appartient à la famille des Borraginacées. C'est un arbre de dimensions moyennes, muni de contreforts, qui peut atteindre 1 m de diamètre et 30 m de hauteur.

Cordia alliodora possède une aire de répartition très vaste comprise entre 25° de latitude Nord (Sud du Mexique) et 25° de latitude Sud (Nord de l'Argentine).

Dans cette aire, la pluviométrie annuelle varie de 1 000 à 5 000 mm par an. C'est une espèce de basse altitude (< 500 m) qui, localement, peut atteindre 2 000 m d'altitude (Colombie). La durée de la saison sèche varie de 0 à 5 mois.

L'étendue de son aire naturelle qui est de plus discontinue, entraîne l'existence d'une grande variabilité génétique. Pour les tests de provenances installés en Côte d'Ivoire la variabilité interprovenance est forte : à 4-5 ans la hauteur totale moyenne varie entre 7 m et 17 m selon les provenances testées à la Sangoué.

La meilleure provenance introduite est "Finca la Fortuna" (Honduras). A 4-5 ans, ses caractéristiques dendrométriques moyennes sont :

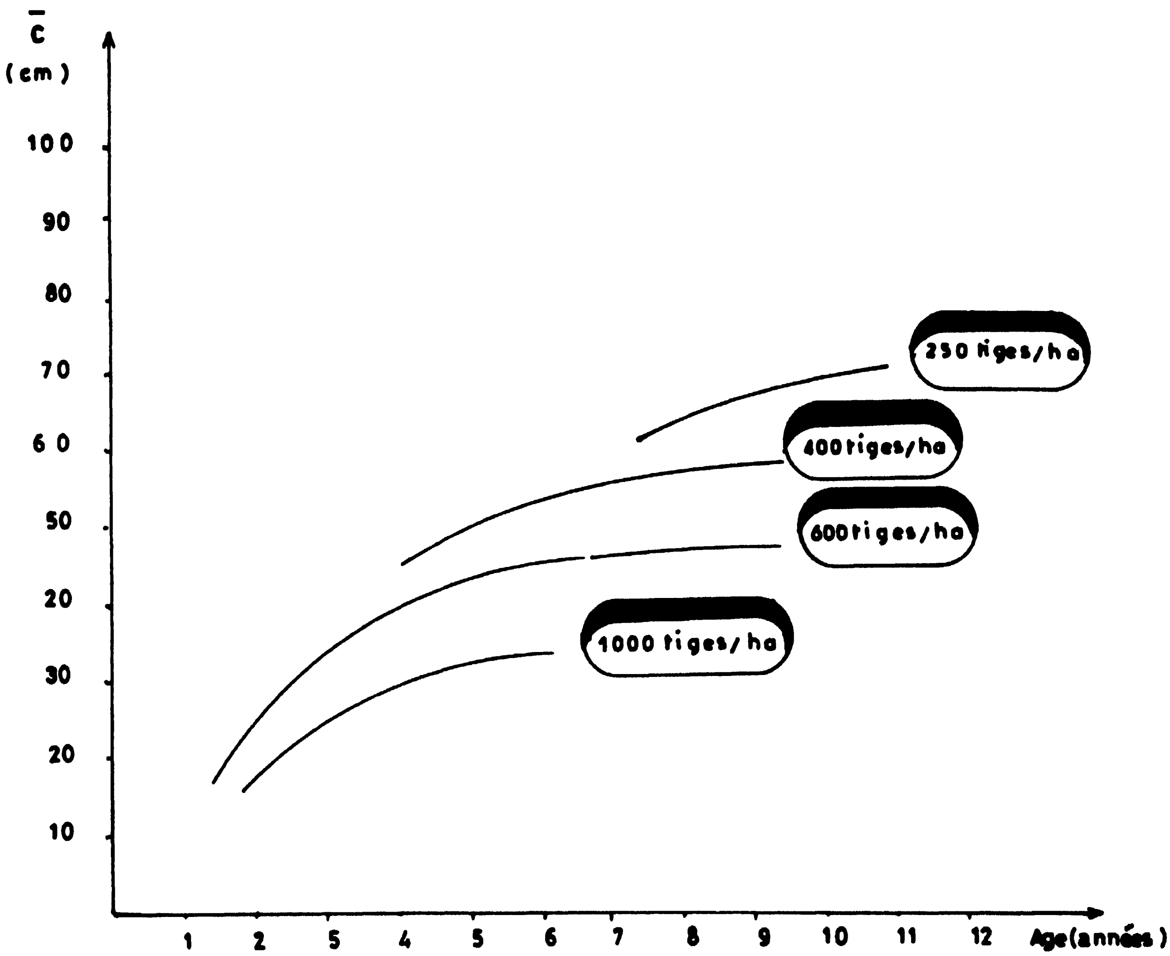
Densité	Hauteur totale	Circonférence à 1,30 m	Hauteur élaguée	Hauteur de fourche	Surface terrière
711 tiges/ha	17 m	56 cm	11 m	11 m	18 m2/ha

Le caractère tige courbe, enregistré dans certains peuplements, semble lié à la provenance.

En reboisement, les meilleurs résultats ont été enregistrés en zone sempervirente avec des pluviométries annuelles supérieures à 1 600 mm/an.

En Côte d'Ivoire la floraison débute dès l'âge de 4 - 5 ans, elle a lieu en Décembre - Février et la fructification en début de saison des pluies (Juin à Août).

Le bois est léger à très léger (D 12 = 0,4 - 0,5), tendre, peu nerveux avec des caractéristiques mécaniques faibles à moyennes. La durabilité et l'imprégnabilité sont moyennes. Le bois peluche parfois au sciage. Le séchage et l'usinage sont aisés. Les principales utilisations sont les menuiseries intérieures, l'ébénisterie et le déroulage.



VARIATION DE LA CIRCONFÉRENCE MOYENNE EN FONCTION DE L'AGE ET DE LA DENSITÉ POUR LE CORDIA.



Plantation de Cordia alliodora de 15 ans; forêt de Sangoué

REGLES CULTURALES

L'influence des conditions stationnelles sur la réussite des introductions de Cordia est importante.

Le Cordia est sensible aux bilans hydriques déséquilibrés d'origine climatique, topographique et/ou édaphique. En particulier, on évitera les introductions dans les stations suivantes :

- Zones de plateaux ou de haut de pente avec des sols à forte porosité (texture sableuse), où les déficits pluviométriques périodiques sont amplifiés par les conditions topographiques et édaphiques.

- Zones de bas de pente sur des sols compacts à faible porosité (texture argileuse) susceptibles d'être engorgés pendant de longues périodes, en particulier en forêt dense humide sempervirente.

Les meilleures croissances sont observées sur des sols à texture équilibrée, d'origine colluviale, dont l'approvisionnement en eau est régulier, sans apparition de déficits ou d'engorgements temporaires marqués. Ils sont souvent localisés sur la moitié inférieure des versants.

Le Cordia est une espèce à forte croissance initiale : à 5 ans la hauteur totale moyenne est de 12 à 15 m, à 10 ans elle atteint 25 m (MAITRE 1979).

Les règles provisoires de sylviculture proposées sont les suivantes :

- Densité à la plantation : 700 tiges/ha.
- A 4 ans, une première éclaircie ramène la densité à 500 tiges/ha. Avant éclaircie, la circonférence moyenne est de l'ordre de 40 cm.
- A 8 ans, une deuxième éclaircie ramène la densité à 250 tiges/ha. Avant éclaircie, la circonférence moyenne est de l'ordre de 55 cm.
- Une ou deux éclaircies complémentaires restent à déterminer pour ramener le peuplement à densité définitive.

La révolution est de l'ordre de 30 ans pour un diamètre d'exploitabilité de 50 cm.

43 *Cleistopholis glauca*

Cleistopholis glauca (Sobu) appartient à la famille des Annonacées. C'est une espèce de forêt dense humide secondarisée qui se rencontre depuis le Cameroun jusqu'en Angola.

En forêt naturelle, il atteint 35-40 m de hauteur totale pour un diamètre de 80-100 cm.

Le bois de couleur blanche est léger, très tendre avec toutefois un retrait notable au séchage. La vocation bois d'oeuvre de cette espèce reste à confirmer.

Les premières plantations réalisées au Zaïre révèleront une croissance initiale forte. A 17 ans pour une densité de 800 tiges/ha, l'accroissement moyen du volume bois fort est de l'ordre de 35 m3/ha/an.

Cette espèce a été introduite avec succès en Côte d'Ivoire dès 1966, en zone de forêt dense sempervirente, à partir de graines originaires du Gabon.

REGLES CULTURALES

Cleistopholis glauca est une espèce héliophile à croissance rapide. Toutefois, contrairement à beaucoup d'espèces expérimentées en plantation, l'accroissement moyen en hauteur n'atteint son maximum que vers 10-12 ans.

- A 2 ans l'accroissement moyen en hauteur est de 1.5 m/an,
- A 4 ans il est compris entre 2 m/an et 2.5 m/an,
- A 8 ans il est compris entre 2.5 m/an et 3 m/an,
- A 12 ans il atteint 3,2 m/an,



Cleistopholis glauca de 18 ans ; Forêt de Yapo

A 2 ans, la hauteur moyenne est de 2.5 - 3 m, à 4 ans elle est de 8- 10 m et à 6 ans elle atteint 16-18 m (PESME 1982).

Les règles provisoires de sylviculture sont les suivantes :

- La densité de plantation préconisée est de 400-500 tiges/ha.
- Vers 2-3 ans, lorsque la hauteur moyenne est d'environ 3 m, un dépressage ramène la densité à 200 tiges/ha.

- Vers 5-6 ans, lorsque la hauteur moyenne est de 15-17 m, le diamètre moyen de l'ordre de 20 cm et la surface terrière de 8-10 m2/ha, une éclaircie ramène la densité à 80 tiges/ha.

A 13 ans, pour une densité de 60 tiges/ha, l'accroissement moyen du volume bois fort est de 14 m3/ha/an. Pour un diamètre d'exploitabilité de 60 cm, la révolution est de 15-20 ans.

Planté à 700 tiges/ha et non éclairci, l'accroissement moyen, volume bois fort, est de 40-45 m3/ha/an à 10-12 ans en plantations expérimentales. Le diamètre moyen est de l'ordre de 30 cm.

44 *Maesopsis eminii*

Le Maesopsis appartient à la famille des Rhamnacées. Cette espèce de forêt dense semble comporter deux écotypes à modalités de croissance différentes :

- Le premier, décrit par Aubréville est originaire d'Afrique occidentale (il est présent depuis le Libéria jusqu'au Cameroun). C'est un arbre de seconde grandeur qui atteint au maximum 15-20 m de hauteur et 25-30 cm de diamètre, il ne présente aucun intérêt pour le reboisement.

- Le deuxième est originaire d'Afrique équatoriale (il est présent depuis le Gabon jusqu'en Angola, Kenya, Tanzanie ...). C'est un arbre de dimensions moyennes qui atteint 30-35 m de hauteur et 100-120 cm de diamètre.

Cette espèce équatoriale, dont l'aire est comprise entre 8o de latitude Nord et 2o de latitude Sud, correspond à des pluviométries annuelles comprises entre 1 500 et 3 000 mm/an et une saison sèche inférieure à 4 mois. On la rencontre à des altitudes inférieures à 700 m.

Le bois est léger (D 12 = 0.4), de couleur brun cuivré, tendre, peu durable mais d'imprégnabilité facile. Il peut être utilisé en menuiserie intérieure, caisserie et, éventuellement, en déroulage.

Cette espèce plantée avec succès, à partir des graines originaires d'Ouganda dans la zone de basse Côte d'Ivoire en 1966 est utilisée pour les reboisements, en particulier au Zaïre. On compte environ 750 graines/kg.

Des attaques d'insectes foreurs du tronc, surtout au niveau des plaies d'élagage, ont été notées.



Maesopsis eminii de 19 ans; forêt de Anguededou

REGLES CULTURALES

C'est une espèce de plein découvert à croissance rapide ; au Zaïre, à 5 ans, la hauteur moyenne est de 17 m pour un diamètre moyen de 14 cm.

En Côte d'Ivoire la croissance initiale est forte ; pour la hauteur totale l'accroissement moyen est de 2.5-3 m/an. A 1 an, la hauteur totale moyenne est de 2 m ; à 2 ans, elle atteint 4 m ; à 3 ans, elle varie entre 7 et 8 m ; à 5 ans, elle est de 11-13 m (PESME 1982).

Les premières règles sylvicoles provisoires préconisées sont les suivantes :

- la densité à la plantation est de l'ordre de 500 tiges/ha,
- vers 3 ans, lorsque la hauteur moyenne atteint 7-8 m, la circonférence moyenne 25-30 cm et la surface terrière 3-4 m2/ha, une première éclaircie ramène la densité à 250-300 tiges/ha,
- vers 6 ans, lorsque la hauteur moyenne atteint 11-13 m, la circonférence moyenne 65-75 cm et la surface terrière 10-12 m2/ha, une deuxième éclaircie ramène la densité à 100 - 125 tiges/ha.

A 13 ans, l'accroissement moyen du diamètre est de 2,3 cm/an pour une densité de 130 tiges/ha.

Pour un diamètre d'exploitabilité de 50 cm, la révolution est d'environ 25 ans.

45 *Funtumia elastica*

Les Funtumia (famille des Apocynacées) sont des arbres de taille petite à moyenne. Ils sont représentés par deux espèces :F. africana & F. elastica (Pouo) qui diffèrent peu sur le plan morphologique. Ce sont des espèces de forêt sempervirente et de transition avec la forêt semi-décidue. Ces héliophiles colonisent les défriches et les trouées. Elles peuvent aussi subsister avec une certain couvert les dominant. L'aire du Pouo est très étendue. Il se rencontre depuis l'Afrique de l'Ouest jusqu'en Afrique centrale.

Autrefois saigné pour la récolte du caoutchouc, le Pouo (Funtumia elastica) a vu son importance économique brutalement devenir secondaire avec le développement des plantations d'Hévéa. Toutefois, depuis deux décennies, c'est une espèce massivement utilisée pour la fabrication d'allumettes.

Le bois est léger (D 12 = 0,5), très tendre avec une nervosité faible à moyenne. Le séchage naturel est aisé avec un retrait faible à moyen. C'est une espèce facile à scier, dérouler, raboter et qui présente une excellente tenue au collage et au clouage. Toutefois sa durabilité naturelle est faible.

La fructification est très précoce. Son maximum a lieu en Décembre - Janvier. Les fruits sont des follicules allongés groupés par deux. Les graines sont de petite taille et très nombreuses. Elles sont brunes de forme allongée, surmontées d'une arête pourvue de longs poils soyeux.

Le Pouo est sensible à des attaques de chenilles mineuses des feuilles qui peuvent être contrôlées par des applications de "Decis".(*)

REGLES CULTURALES

La densité de plantation préconisée est de 1 100 tiges/ha. Le Pouo est une espèce à croissance moyenne. A un an, la hauteur moyenne est de 0.5 m à 0.8 m. La forme des jeunes arbres est souvent défectueuse et nécessite une taille de conformation pour la bille de pied. A six ans, la hauteur moyenne est d'environ huit mètres.

(*) Marque déposée



Pouo de 9 ans; forêt de Yapo

En l'absence d'éclaircies, le Pouo atteint un diamètre moyen de 10 cm vers l'âge de 6-10 ans. Pour une densité de 300 tiges/ha, le diamètre moyen à 25 ans est de 20 cm. Les cents plus grosses tiges à l'hectare ont un diamètre moyen de 27 cm, soit un accroissement moyen d'environ 1 cm/an (KOFFI K. 1989).

A cet âge, l'accroissement moyen en volume est de 6 m3/ha/an. En conditions moyennes, on peut raisonnablement tabler sur un accroissement moyen sur le diamètre de 1,5 cm/an jusqu'à 15 ans et de 1 cm/an au-delà. Le diamètre d'exploitabilité de 45 cm devrait être atteint vers 35-40 ans.

46 Les *Araucaria*

En région intertropicale, deux espèces du genre Araucaria présentent un intérêt pour la production de bois d'oeuvre dans les savanes humides.

Il s'agit de :

* *Araucaria cunninghamii* (Hoop Pine), originaire du Queensland (Australie) et de Papouasie-Nouvelle Guinée, à une latitude comprise entre 8 et 30o Sud. Il vit à des altitudes variant entre 0 et 2 400 m, des pluviosités de 1 000 à 1 500 mm avec un maximum de janvier à avril ; la température moyenne du mois le plus chaud se situe entre 20 et 26o C, celle du mois le plus froid

entre 9 et 16o C, avec, en altitude, des possibilités de gelées au Sud de l'aire ; les climats peuvent donc passer du tropical humide dans le Nord au subtropical dans le Sud. Cette espèce prospère sur des sols profonds et fertiles, bien drainés, mais avec une bonne rétention en eau, issus de roches métamorphiques, de basalte ou de granites.

Araucaria hunsteinii (Klinki Pine) a une aire plus restreinte en Papouasie Nouvelle Guinée, entre 5 et 10o S, à des altitudes de 600 à 1 500 m. Le climat est tropical, avec des précipitations de 1 600 à 1 800 mm, une saison sèche peu marquée (pas de mois avec P < 75 mm) et des températures moyennes variant entre 27 et 32o C pour les maxima et 18 et 19o C pour les minima. Les sols ont une texture lourde, argilo-limoneuse, un drainage modéré et un pH à tendance alcaline ; ils sont issus de dépôts lacustres ou alluviaux plus ou moins métamorphisés, de sables et de conglomérats.

Les introductions ont été réussies dans les savanes humides de la vallée du Niari, au Congo et en Côte d'Ivoire. Par contre, dans les savanes côtières, près de Pointe Noire et dans les savanes incluses dans le massif du Chaillu (région de Ngouha II), au Congo, les sols sont trop pauvres et les Araucaria ont une croissance faible et des problèmes phytosanitaires.

Le bois de ces deux Araucaria est de couleur blanchâtre, sa densité à l'état sec à l'air varie de 0,52 pour le cunninghamii à 0,45 pour l'hunsteinii. Comparé aux autres résineux de même intensité, il a une faible rétractibilité et de bonnes résistances en flexion et en compression axiale. Par contre, les propriétés en compression radiale et tangentielle comme la durabilité sont faibles. Les Araucaria peuvent donc être utilisés en sciages, pour les emplois intérieurs, en placages et en contreplaqués et, grâce à leurs fibres longues, en papeterie.

SYLVICULTURE

Le développement, hors de leur aire d'origine, des plantations d'Araucaria se heurte tout d'abord aux problèmes de conservation et de transport des graines. L'Araucaria hunsteinii, par exemple, voit le pouvoir germinatif de ses graines diminuer de 10 % chaque semaine pendant le 1er mois, puis devenir nul après 8 semaines de conservation à température ambiante. Par contre, les graines conservées en sachets hermétiques à 3 ou 4o C ont encore un pouvoir germinatif de 50 % après 18 mois. Dans les transports à longue distance, il importe donc de pouvoir maintenir la chaîne du froid.

Pour pallier cette difficulté, la multiplication végétative par bouturage a été étudiée au Congo, mais elle est délicate et ne semble pas pouvoir être utilisable à grande échelle.

En pépinière, le semis est réalisé sur germoir bien ombragé, à densité assez faible pour pouvoir laisser les jeunes plantules se développer pendant 4 mois. Après le repiquage, les plants sont gardés en pépinière pendant 8 mois ; les plants mis en place sur le terrain ont, à un an, une hauteur de 20 à 60 cm.

Les densités de plantation varient entre 1 600 et 1 100 plants par hectare, soit des écartements de 2,5 x 2,5 m à 3 x 3 m. La croissance initiale est assez faible et les entretiens, pendant les 3 premières années, doivent être très soignés.

Les plantations sont trop jeunes pour pouvoir proposer des modèles de sylviculture, mais on peut retenir les résultats suivants, obtenus au Congo, à 10 ans et demi :

	Araucaria cunninghamii	Araucaria hunsteinii
Ht (m)	15,3	14,8
C 1,50 (cm)	52	49
G (m2/ha)	22	15,8
V (m3/ha)	168	118

Les plantations effectuées sur bons sols, dans la vallée du Niari, ont un état végétatif correct. Certains problèmes parasitaires ont pu apparaître, sur des arbres dominés, lors d'années particulièrement sèches, mais la situation se rétablit lorsque les conditions climatiques redeviennent normales.

5 CARACTERISTIQUES DE PRODUCTIVITE

51 Le peuplement principal

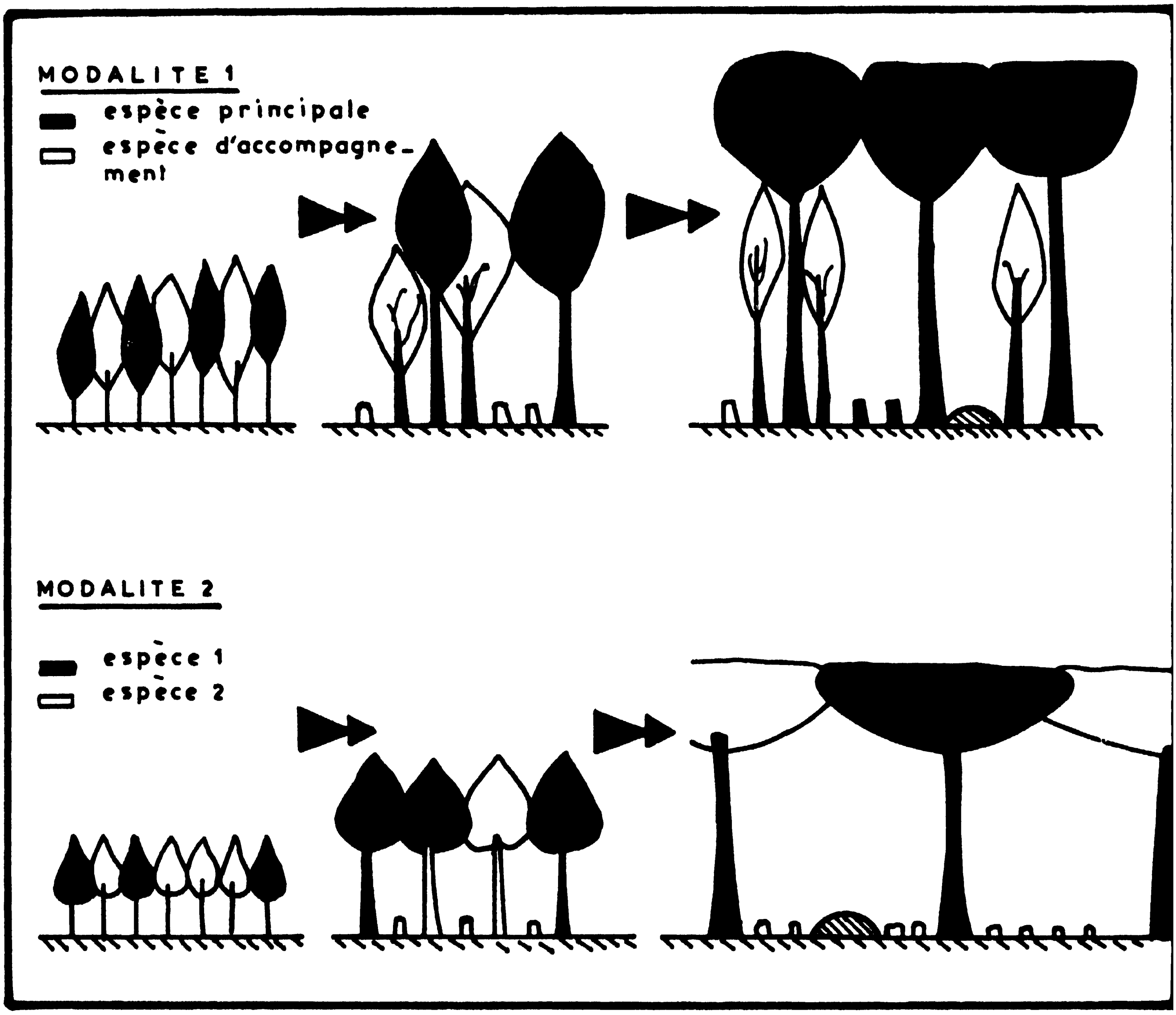
511 Production en volume

Pour les principales espèces actuellement utilisées en reboisement, des tarifs de cubage sont disponibles. Le diamètre est exprimé en mètre et le volume en mètre cube.

Ce sont des tarifs volume bois fort : ils correspondent à une découpe à 7 cm de diamètre.

Espèce	Tarifs de cubage Expression du volume bois fort	Limites de validité (Diamètre)
Tectona grandis (Teck)	V = 0,0456 - 1,2356 D + 11,8011 D2	10 – 50 cm
Tarrietia utilis (Niangon)	V = 0,023 - 1,136 D + 14,526 D2	10 - 50 cm
Nauclea diderrichii (Badi)	V = 0.235 + 1,902 D + 4,316 D2	10 - 40 cm
Khaya ivorensis (Acajou)	V = 0,466 + 2,794 D + 5,964 D2	10 - 85 cm
Terminalia ivorensis (Framiré)	V = - 0,0382 + 8,093 D2 V = - 0,04156 + 14,5062 D2	10 - 25 cm 25 - 70 cm
Terminalia superba (Fraké)	V = 0,024 - 1,126 D + 13,521 D2	10 - 55 cm
Triplochiton scleroxylon (Samba)	V = 0,090 - 1,908 D + 13.521 D2	10 - 40 cm
Cedrela odorata (Cedrela)	V = 0,0364 + 7,353 D2	10 - 60 cm
P. caribaea (Pin)	V = 0,028 - 0,946 D + 10,503 D2	10 - 45 cm
P. oocarpa (Pin)	V = 0,017 - 0,609 D + 8,158 D2	10 - 45 cm
Gmelina arborea (Gmelina)	V = 0,009 - 0,651 D + 9,447 D2 V = 0,185 + 8,909 D2	10 - 30 cm 30 - 60 cm

La production en volume est fonction des caractéristiques du peuplement en fin de révolution.



STRATIFICATION ET MODALITES DE MELANGE

512 Caractéristiques du peuplement principal en fin de révolution

Pour des raisons économiques l'aménagiste peut envisager de réduire la durée de la révolution. A titre indicatif, les durées de révolution et le volume bois fort à récolter en fin de révolution sont calculés pour différents diamètres d'exploitabilité.

Espèce de reboisement	Durée de la révolution (en années) en fonction du diamètre d'exploitabilité			Volume bois fort sur pied en fonction du diamètre d'exploitabilité (VBF en m3/ha)			Accroissement moyen (m3/ha/an) du peuplement sur pied	
	40 cm	50 cm	60 cm	40 cm	50 cm	60 cm		
Tectona grandis (Teck)	25 45	35 65	50 85	220 250	320 360	350 400	5	10
Aucoumea klaineana (Okoumé)	25 30	30 35	35 45	300 350	350 400	400 450	9	14
Tarrietia utilis (Niangon)	35 45	45 55	- -	300 400	400 500	- -	6	11
Nauclea diderrichii (Badi)	20 25	25 35	35 45	150 200	300 350	350 400	9	14
Terminalia ivorensis (Framiré)	20 30	30 40	35 45	180 220	200 250	225 275	7	11
Terminalia superba (Fraké)	15 20	20 25	25 35	130 220	225 275	275 325	8	14
Triplochiton scleroxylon (Samba)	16 22	22 30	30 40	200 250	250 300	300 350	8	14
Cedrela odorata (Cedrela)	12 17	17 25	25 30	180 220	200 250	250 300	10	18
Gmelina arborea (Gmelina)	15 20	20 25	- -	225 275	275 325	- -	11	19

Le chiffre supérieur indique les valeurs minima de la révolution, du volume bois fort sur pied et de l'accroissement moyen en volume bois fort sur pied.

Le chiffre inférieur indique les valeurs maxima pour les mêmes paramètres.

Les variations de l'accroissement moyen en volume à un âge donné méritent d'être remarquées, elles révèlent l'influence des conditions stationnelles et des traitements appliqués aux peuplements sur la croissance de ces derniers. Cette influence pourrait être quantifiée en particulier par le biais des tables de production. Les valeurs mentionnées ci-dessus sont indicatives et ne fournissent que des ordres de grandeur.

Par ailleurs, le choix du diamètre d'exploitabilité n'est pas sans influence sur le volume bois d'oeuvre (découpe 30 cm) disponible lorsque le peuplement atteint les dimensions moyennes fixées par l'aménagiste.

Pour le Framiré on obtient les valeurs suivantes :

- du volume bois d'oeuvre disponible en fonction du diamètre d'exploitabilité,
- du rapport volume bois d'oeuvre (VBO) sur volume bois fort, le volume habituellement fourni par les tarifs de cubage est en effet très souvent un volume bois fort (VBF).

Diamètre d'exploitabilité	40 cm	50 cm	60 cm
Volume bois d'oeuvre (VBO) m3/ha	100/140	210/250	300/340
VBO/VBF (en %)	70	85	95

Pour l'Acajou ces valeurs deviennent :

Diamètre d'exploitabilité	40 cm	50 cm	60 cm
Volume bois d'oeuvre (VBO) m3/ha	100/110	170/190	270/300
VBO/VBF (en %)	76	88	96

A titre provisoire, les estimations de l'influence du diamètre d'exploitabilité (diam. exp.) sur le volume bois d'oeuvre mobilisé à l'hectare, lors de la coupe finale sont les suivantes :

	Diam. exp	Framiré	Fraké	Samba	Acajou	Okoumé
Volume B.O. en m3/ha	50 cm	230	230	230	190	320
	60 cm	320	320	310	270	400
Accroissement moyen volume B.O. (m3/ha/an)	50 cm	8.5	10.6	9.4	5.7	10
	60 cm	9.1	10.8	10.3	6.7	10

Il est évident que ces valeurs ne sont qu'indicatives, mais elles permettent de mettre en évidence l'influence d'un choix économique (diamètre d'exploitabilité) sur des paramètres dendrométriques tels que le volume bois d'oeuvre disponible au moment de la récolte.

52 Les produits d'éclaircie

En ce qui concerne les produits d'éclaircie, hormis pour les espèces à bois dense et de bonne durabilité (Teck, Badi) utilisables en bois de feu et de service (piquets, perches), les principaux débouchés envisageables pour la majorité des espèces sont la production de poteaux (espèces imprégnables) et le sciage de petits diamètres. Le diamètre minimum fin bout requis pour le sciage est d'environ 25 cm.

Les principaux problèmes rencontrés lors des essais de sciage des bois d'éclaircie sont :

- Un faible diamètre des bois,
- Un pourcentage important d'aubier,
- Un taux important de bois juvénile aux propriétés physiques et mécaniques très hétérogènes,
- Une faible densité,
- La présence de défauts : piqûres noires, tensions internes de croissance, noeuds fréquents.

Certains de ces inconvénients peuvent être atténués par la sélection et l'amélioration du matériel végétal utilisé, une sylviculture adéquate (sélection en pépinière, élagages, ...) et l'utilisation de matériel et de technique de sciage adaptés à ce type de bois.

Les essais technologiques réalisés sur les bois de plantation (DURAND 1985) montrent que les bois de plantation âgés d'une quinzaine d'années ont des qualités technologiques légèrement inférieures à celles des bois de forêt naturelle.

	Forêt naturelle/Plantation (F.N.) (P)						Plantation				
	Framiré F.N.	P	Fraké F.N	P.	Samba F.N.	P	Cedrela	Pinus caribaea	Pinus oocarpa	Gmelina	Teck
Densité	0.51	0.42	0.57	0.40	0.40	0.36	0.30	0.45	0.53	0.48	0.65
Retrait volum. (%)			12.9	11.5	9.8	9.7	11.3	11.7	12.5	9.2	8.1
Nervosité (%)	0.36	0.37	0.47	0.43	0.37	0.36	0.32	0.40	0.41	0.44	0.35

$$\text{Retrait volumétrique} = \frac{Vs - VO}{VO} \times 100\ \%$$

avec VO : Volume anhydre
Vs : Volume d'une éprouvette passant de l'état anhydre à l'état saturé

Nervosité : Retrait volumétrique/Humidité du bois au point de saturation

En ce qui concerne les dimensions moyennes des produits des éclaircies, les chiffres suivants sont donnés à titre indicatif (DUPUY 1988) :

N : Nombre de tiges/ha prélevées en éclaircie

D : Diamètre moyen, en cm, des peuplements avant éclaircie. Le diamètre moyen des tiges prélevées en éclaircie est légèrement inférieur à celui du peuplement avant éclaircie.

V : Volume moyen bois fort (en m3/ha) de l'éclaircie. La valeur de ce volume est mentionnée uniquement lorsque les produits d'éclaircie ont des dimensions telles qu'ils sont susceptibles d'être utilisés en bois de service ou bois d'oeuvre.

Espèce	Dépressage ou 1ère éclaircie			2ème éclaircie			3ème éclaircie		
	N	D	V	N	D	V	N	D	V
Aucoumea klaineana (Okoumé)	600	-	-	150	17	-	80	29	70
Tarrietia utilis (Niangon)	250	-	-	350	15	-	175	21	-
Terminalia superba (Fraké)	380	(10)	20	160	18	40	65	26	45
Terminalia ivorensis (Framiré)	360	(10)	25	175	18	40	80	25	45
Triplochiton scleroxylon (Samba)	300	-	-	175	12	-	90	21	40
Cedrela odorata (Cedrela)	600	-	40	275	15	50	120	23	55
Pinus (Pin)	500	9	-	300	12	-	200	23	100

Pour le Teck, en fonction des dimensions et de la conformation des produits d'éclaircies, les utilisations suivantes peuvent être envisagées (DURAND 1984) :

Diamètre	< 10 cm	10 - 14 cm	15 - 21 cm	25 - 35 cm	> 35 cm
Longueur	< 3 m	3 - 4 m	8 - 18 m	> 3 m	> 3 m
Utilisation	piquets	perches	poteaux	sciages	sciages, ébénisterie, tranchage

Sous la dénomination de sciage sont regroupés des produits tels que : planches, frises, chevrons et lattes.

Pour cette même espèce, les produits escomptés lors des différentes éclaircies sont donc les suivants (MAITRE H.F. 1983) :

Eclaircie (No)	1	2	3	4	5	6	7
Diamètre moyen (en cm)	11	15	21	25	30	38	43
Volume bois fort (m3/ha)	25	36	35	39	39	44	36
Bois de feu Bois de service Bois d'oeuvre	+ +	+ +	+ +	+ + +	+ + +	+ + +	+ + +

+ = possibilité d'utilisation

53 Ages d'exploitabilité

Lors de la plantation, il existe déjà le souhait de récolter un produit.

Le reboisement de production correspond à la volonté d'obtenir à terme des catégories données de produits ligneux.

Il est important d'envisager différents termes d'exploitabilité en fonction des objectifs assignés par l'aménagement.

L'optimisation de l'âge d'exploitabilité dépend de critères techniques, sylvicoles et financiers.

Dans le contexte actuel, le but des reboisements intensifs est d'assurer rapidement des relais de production qui permettront de soulager la pression exercée sur les forêts naturelles. Ceci afin de permettre de rationaliser leur exploitation et d'assurer leur pérennité par un aménagement adéquat.

L'âge d'exploitabilité est ici envisagé sous l'aspect de l'optimisation du rapport volume bois d'oeuvre produit/sylviculture et rentabilité (DUPUY 1987).

531 Influence du diamètre d'exploitabilité sur le taux de volume valorisable

Dans un premier temps, il est important d'essayer de valoriser le maximum du capital ligneux bois d'oeuvre produit. Le volume de la tige est généralement assimilé au volume bois fort. Pour un objectif bois d'oeuvre, il est prudent de se limiter à une découpe fin bout de 25 cm de diamètre.

Il est alors possible d'évaluer le taux de volume bois d'oeuvre valorisable à l'aide du rapport volume découpe/volume bois fort :

Volume découpe / Volume bois fort	Diamètre à 1.30 m (en cm)					
	35	40	45	50	55	60
	Découpe 25 cm					
Fraké	82 %	89 %	92 %	92 %	93 %	93 %
Gmelina	64 %	80 %	91 %	93 %	94 %	95 %
Cedrela	74 %	79 %	83 %	87 %	90 %	94 %
	Découpe 30 cm					
Fraké	64 %	76 %	83 %	88 %	91 %	93 %
Gmelina	41 %	61 %	75 %	84 %	90 %	90 %
Cedrela	61 %	67 %	72 %	76 %	79 %	82 %

Pour une découpe de 25 cm fin bout, il faut éviter d'adopter des diamètres d'exploitabilité inférieurs à 40 - 45 centimètres pour valoriser au moins 80 % du volume tige.

532 Influence du diamètre d'exploitabilité sur le nombre des éclaircies

Par ailleurs, les règles sylvicoles sont élaborées de façon à limiter la concurrence interindividuelle par le biais des éclaircies, tout en maintenant une croissance individuelle soutenue.



Tecks d'éclaircies commercialisés

Pour cela, il est nécessaire d'intervenir régulièrement en éclaircie. Le nombre des éclaircies est fonction du diamètre d'exploitabilité retenu.

Espèces	Diamètre d'exploitabilité	Nombre d'éclaircies
Teck	30 cm 40 cm 45 cm 50 cm	3 4 5 6
Fraké, Framiré Samba	40 cm 50 cm 60 cm	2 3 4
Cedrela	40 cm 50 cm 60 cm	3 4 5

Pour un diamètre d'exploitabilité de 50 cm, il faut prévoir :

- 6 éclaircies pour le Teck,
- 4 éclaircies pour le Cedrela,
- 3 éclaircies pour le Fraké, Framiré, Samba.

Si un diamètre d'exploitabilité de 60 cm est adopté, il est nécessaire de prévoir, en moyenne une intervention supplémentaire en éclaircie pour réduire la concurrence interindividuelle.

533 Influence du diamètre d'exploitabilité sur l'âge moyen d'exploitabilité

Dans des conditions de fertilité moyenne pour des peuplements correctement gérés, il est possible d'évaluer le temps moyen nécessaire pour atteindre un diamètre d'exploitabilité.

Espèces	Diamètre d'exploitabilité	Durée de révolution
Teck	40 cm 45 cm 50 cm	35 ans 45 ans 55 ans
Fraké	40 cm 45 cm 50 cm 60 cm	16 ans 20 ans 25 ans 35 ans
Framiré	40 cm 45 cm 50 cm 60 cm	20 ans 25 ans 35 ans 45 ans

534 Diamètre d'exploitabilité et rentabilité

Le prix de vente du bois de plantation étant inconnu il est délicat de faire des estimations précises. A titre indicatif, si l'on accorde une valeur de 10 % au taux interne de rentabilité pour un diamètre d'exploitabilité de 50 cm pour le Fraké, on obtient :

Diamètre d'exploitabilité	Taux de rentabilité
40 cm	4 %
50 cm	10 %
60 cm	8 %

Pour le Teck, si la valeur 10 % est attribuée au taux interne de rentabilité pour un diamètre de 45 cm, on obtient :

Diamètre d'exploitabilité	Taux de rentabilité
40 cm	4 %
45 cm	10 %
50 cm	8,5 %

535 Propositions d'âges d'exploitabilité

Pour les espèces à moyenne révolution (Fraké, Framiré, Samba, Gmelina, Cedrela) :

- Le diamètre d'exploitabilité doit être de 40 cm, au minimum, pour limiter les pertes de valorisation du volume tige produit.
- Au delà de 50 cm de diamètre d'exploitabilité, il est nécessaire de pratiquer une éclaircie supplémentaire.
- Pour obtenir des bois de plus de 50 cm de diamètre, l'allongement de la révolution nécessaire n'entraîne pas de gain de rentabilité.

Pour le Teck un diamètre d'exploitabilité de 45 cm est le meilleur compromis entre rentabilité et production.

Dans la mesure où l'objectif est d'assurer une production bois d'oeuvre valorisante, sans rechercher des gros diamètres qui entraînent un allongement de la révolution sans gain financier, il est raisonnable d'adopter un diamètre d'exploitabilité de 45 - 50 cm pour les espèces à moyenne révolution et de 40 - 45 cm pour le Teck, ceci pour des stations de fertilité convenable. Sur des stations de fertilité médiocre il est nécessaire d'adopter des diamètres d'exploitabilité plus faibles pour éviter l'allongement excessif de la révolution et permettre rapidement la conversion de ces peuplements peu productifs.

Espèces	Fertilité	Diamètre d'exploitabilté	Age d'exploitabilité
Teck	Excellente Moyenne Médiocre	50 cm 45 cm 40 cm	45 ans 50 ans 65 ans
Fraké	Excellente Moyenne Médiocre Mauvaise	50 cm 45 cm 40 cm 35 cm	18 ans 22 ans 25 ans 25 ans
Framiré Cedrela Samba Gmelina	Bonne Bonne Bonne Bonne	45 - 50 cm 45 - 50 cm 45 - 50 cm 45 - 50 cm	25 - 30 ans 18 - 22 ans 25 - 30 ans 15 - 20 ans

Le choix du terme d'exploitabilité repose sur les contraintes suivantes:

- Techniques : il s'agit de chercher à obtenir, en un temps donné, la plus grande quantité de bois propre à un usage bois d'oeuvre.

- Financières : pour cet usage bois d'oeuvre, il faut rechercher un taux de rentabilité optimum,

- Sylvicoles : il s'agit d'éviter de multiplier les interventions en éclaircie dans les peuplements adultes, dans un souci de préservation des peuplements et de simplification de la gestion.

En l'état actuel des connaissances, pour des peuplements de fertilité moyenne, convenablement gérés, il est possible de prévoir les âges d'exploitabilité suivants :

Espèces	Diamètre d'exploitabilité	Age d'exploitabilité
Gmelina	50 cm	15 - 20 ans
Fraké	50 cm	20 - 25 ans
Cedrela	50 cm	20 - 25 ans
Framiré	50 cm	30 - 35 ans
Samba	50 cm	30 - 35 ans
Teck	45 cm	50 - 60 ans

6 - PEUPLEMENTS EN MELANGE

L'idée d'associer dans les parcelles de plantation,plusieurs espèces, en général deux, est ancienne. Le but de ces associations était d'essayer de résoudre, ou tout au moins d'atténuer, les problèmes sylvicoles (élagage, conformation, ...) et phytopathologiques (borers, psylles, ...) rencontrés dans les plantations monospécifiques.

Dès les premières opérations d'enrichissement en layons et de plantations sous forêt, les sylviculteurs ont essayé des associations de Niangon, Acajou, Sipo, Makoré, Framiré, Okoumé, ... Ultérieurement, lors du développement des plantations en plein découvert, des associations différentes ont été expérimentées avec le Teck, Framiré, Acajou, Fraké, Cedrela, Samba, Gmelina,...

A partir de ces essais, deux modalités d'association peuvent être mises en évidence, en fonction des caractéristiques sylvicoles des espèces associées en mélange.

61 Modalités d'association de deux espèces en mélange

611 Création d'un peuplement bi-strate

L'objectif est de créer un peuplement bi-strate composé d'une espèce principale à privilégier lors des interventions sylvicoles et d'une espèce d'accompagnement dont le rôle est en tout premier lieu cultural. Cette structure bistrate, résultant des caractéristiques intrinsèques des espèces concernées, est évolutive en fonction des traitements sylvicoles appliqués.

Selon les caractéristiques sylvicoles de l'espèce principale, les caractéristiques de l'espèce d'accompagnement peuvent être très différentes :

- si l'espèce principale est héliophile et de croissance initiale rapide, l'espèce d'accompagnement forme alors :

  . soit un sous-étage permanent ou temporaire à rôle éducatif (formation des tiges, élagage),

  . soit un peuplement d'accompagnement à rôle de remplissage qui est à récolter en priorité lors des premières éclaircies (constitution du couvert)

Le rôle de l'espèce d'accompagnement est en réalité souvent mixte : éducation et remplissage.

Espèce principale	+ Espèce d'accompagnement
Samba	+ Teck (rôle éducatif)
Sipo	+ Niangon (rôle d'accompagnement)
Acajou	+ Niangon (rôle mixte : éducation /remplissage)

- Si l'espèce principale,

  . soit ne peut pas être plantée en peuplements monospécifiques pour des raisons phytopathologiques (Acajous),

  . soit présente une croissance initiale lente (Sipo),

le rôle de l'espèce d'accompagnement est alors de se substituer au recrû naturel durant les premières années suivant la plantation, sous forme d'un peuplement dont la croissance est contrôlée par le sylviculteur.

Tout au long de la première phase de constitution du peuplement, l'espèce d'accompagnement est dominante et l'espèce principale co-dominante.

Progressivement, l'importance de l'espèce d'accompagnement est réduite, au profit de l'espèce principale pour laquelle, toutefois, seuls les meilleurs sujets sont conservés lors des éclaircies : le peuplement final est un mélange pied par pied, bistrate, des deux espèces.

612 <u>Création d'un mélange mono-strate</u>

L'objectif est de créer une synergie entre deux espèces dont <u>l'importance sylvicole est identique</u>.

Le but de ce type d'association est donc d'obtenir, en fin de révolution, un mélange par bouquets ou pied par pied, monostrate, constitué par des tiges des deux espèces ayant atteint simultanément le diamètre d'exploitabilité.

Dans ces conditions, les deux espèces doivent avoir des modalités de croissance et des règles sylvicoles similaires, en particulier en ce qui concerne les paramètres suivants :

- densité de plantation,
- modalités et intensité des dépressages et éclaircies (âge d'intervention, nombre de tiges à prélever, surface terrière, limite d'intervention, ...),
- nombre d'interventions,
- durée de révolution.

Espèce 1	+	Espèce 2
Framiré	+	Fraké
Fraké	+	Samba
...		



Mélange Teck/Fraké (3 ans); forêt de TENE

En fait, lorsqu'une espèce, économiquement intéressante, présente une certaine sensibilité à des agents climatiques, phytopathologiques ou autres (par exemple le Framiré), le sylviculteur a recours à des plantations en mélange (telles que Framiré + Fraké) dont un des objectifs est de réduire le risque d'échec en associant à :

- une espèce désirée ou principale (Framiré),
- une deuxième espèce, secondaire (Fraké),

qui peut, si l'espèce principale a une croissance insuffisante, permettre la conversion du mélange en peuplement monospécifique de l'espèce secondaire. Cette dernière option n'est, bien entendu, qu'un pis aller.

62 Croissance comparée et compatibilité des espèces en mélange

Il apparaît que la compatibilité d'association de deux espèces en mélange est liée au tempérament des espèces concernées. Les deux espèces associées

doivent pouvoir se tolérer. En particulier, si leur croissance initiale est différente, l'espèce à plus faible croissance doit supporter d'être dominée.

A l'heure actuelle, les espèces utilisées en reboisement sont héliophiles ; lorsqu'elles sont dominées leur croissance est fortement ralentie et leur maintien dans cet état peut entraîner, à terme, leur élimination. Toutefois, quelques unes de ces espèces peuvent tolérer un certain couvert. On peut distinguer deux types d'espèces :

Espèces exclusivement dominantes	Framiré, Fraké, Samba, Gmelina, Cedrela, Pins, Okoumé
Espèces tolérant un certain couvert	Niangon, Teck, Acajou, Sipo

L'association de deux espèces avec, pour objectif, la création d'un peuplement bistrate espèce principale/espèce d'accompagnement (modalité 1) permet d'associer :

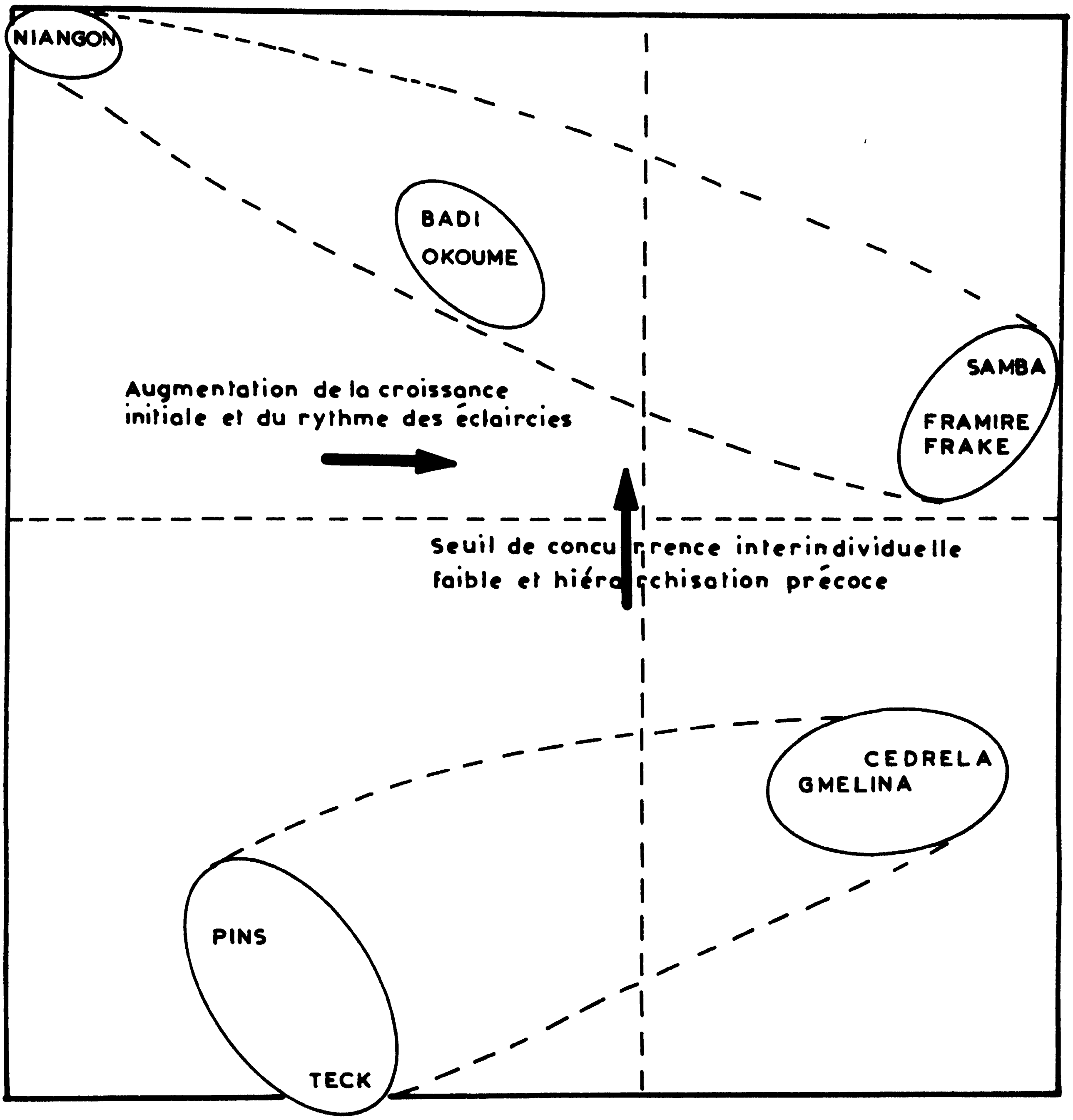
- en espèce d'accompagnement, celles tolérant un certain couvert,
- en partenaire principal, une espèce à croissance supérieure à celle d'accompagnement, puisque l'espèce principale reste dominante.

Dans ce cas, les opérations sylvicoles seront faites au profit de l'espèce dominante. Le rôle de l'espèce d'accompagnement reste toujours subordonné à celui de l'espèce principale.

L'association de deux essences, avec pour objectif, un mélange pied par pied, doit mettre en oeuvre les caractéristiques suivantes :

- les modalités de croissance sont similaires. Ceci pour limiter l'apparition d'un état dominant/dominé,
- le comportement social (seuils de concurrence) et le régime des éclaircies (nombre et intensité) sont compatibles,
- lors des interventions sylvicoles, le même traitement est appliqué indifféremment aux deux espèces.

Un essai de classement des espèces par affinités sylvicoles (A.C.P.) permet d'observer une partition très nette des espèces dans le plan principal. Il est réalisé sur les critères suivants :



AFFINITES SYLVICOLES DES ESPECES DE REBOISEMENT

- l'accroissement moyen en hauteur (entre 1 et 10 ans), qui conditionne la stratification éventuelle des peuplements,

- le comportement social, qui est quantifié par les seuils de surface terrière au-delà desquels apparaît la concurrence interindividuelle,

- la densité de plantation, dont la valeur permet d'influer favorablement sur la conformation des tiges récoltées en favorisant l'élagage, la rectitude, etc ...

- le régime des éclaircies, défini pour permettre une croissance optimum des peuplements.

Il permet d'observer une partition très nette des espèces dans le plan principal.

L'analyse des caractéristiques des axes principaux permet de distinguer après interprétation :

* Les espèces sociales se hiérarchisant rapidement en plusieurs strates lorsque la concurrence interindividuelle apparaît. Des sujets dominants s'individualisent dans le peuplement avec apparition d'une strate codominante et d'une strate dominée. Ces deux dernières strates sont formées par des individus à faible accroissement qui sont, à terme, progressivement éliminés par la concurrence.

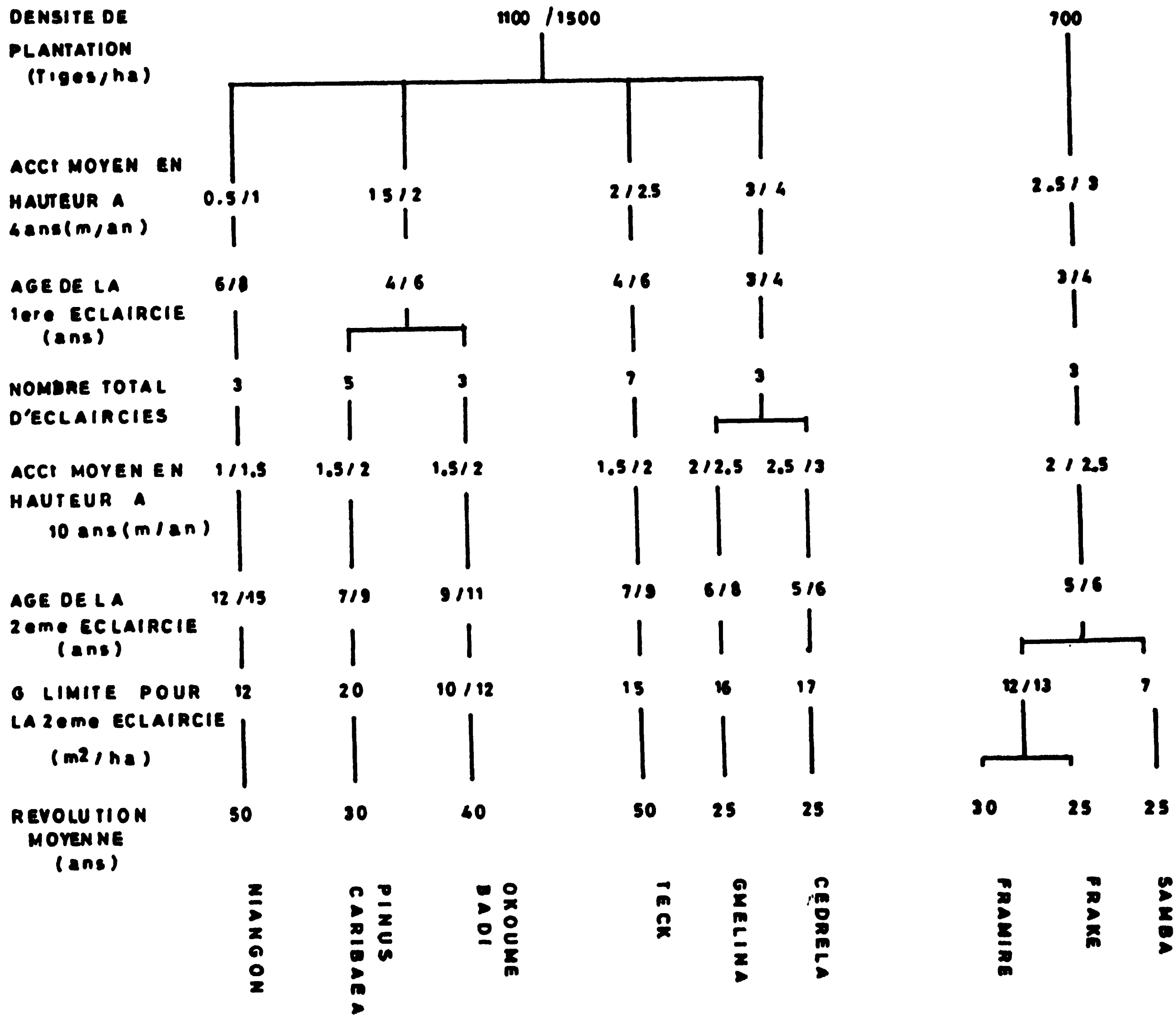
  Dans ce groupe on peut distinguer deux entités :

  les espèces à croissance initiale faible à moyenne (1 à 2 m/an) avec une longue révolution (> 35 ans) et des éclaircies tardives Okoumé, Badi et Niangon,

  les espèces à forte croissance initiale (2 à 3 m/an), à moyenne révolution (25 - 30 ans) et des éclaircies précoces : Framiré, Fraké, Samba.

  La sylviculture des espèces de ce premier groupe est caractérisée par un nombre d'éclaircies réduit (3) intervenant à des seuils limites de surface terrière (qui peuvent être considérés comme des indices de concurrence) moyens à faibles (< 15 m2/ha).

CONTRAINTES SYLVICOLES POUR LA CONDUITE
DE PEUPLEMENTS EN MELANGE



* Les espèces qui supportent des états de forte concurrence sans apparition rapide de sujets dominants et d'une hiérarchisation verticale nette.

  Dans ce groupe, on peut distinguer deux entités :

- les espèces à moyenne révolution avec une forte croissance initiale et des éclaircies fortes et peu nombreuses (3) : Cedrela et Gmelina,

- les espèces à moyenne et longue révolution caractérisées par un système d'éclaircies répétées (5 à 7) et d'intensité moyenne : Teck et Pins.

  La sylviculture des espèces de ce deuxième groupe est caractérisée en particulier par des interventions en éclaircie à des seuils de surface terrière élevés (> 15 m2/ha).

  La mise en évidence des quatre entités décrites ci-dessus permet donc de mieux cerner certaines affinités des espèces en mélange.

Les espèces ainsi regroupées présentent des similitudes de comportement spécifique et social sans, toutefois, permettre de conclure que leur association en mélange pied par pied est toujours possible. Par exemple, le Teck a une croissance initiale supérieure à celle des Pins et le surcimera rapidement, modifiant, de fait, sa croissance ultérieure.

En ce qui concerne le cas particulier de l'Acajou, les sylviculteurs ont eu recours aux plantations en mélange pour essayer de résoudre les problèmes de la destruction du bourgeon terminal par les borers. Ces attaques du bourgeon terminal provoquent, en effet, une diminution notable de la croissance initiale et induisent certains problèmes de forme (fourchaison en particulier).

Il apparaît que, plantés en mélange avec des espèces à croissance initiale lente (Niangon, Okoumé, Badi), un certain nombre de pieds d'Acajou, en dépit des attaques, ont une croissance suffisante pour se maintenir dans l'étage dominant et former une bille de pied bien conformée, atteignant une dizaine de mètres de longueur. La réussite de ce type de mélange, qui résulte d'un compromis entre :

- d'une part, la croissance initiale moyenne à lente de l'Acajou. (Lorsqu'il n'est pas attaqué, elle est de l'ordre de 2 m/an sur la hauteur, en fait, elle est réduite d'environ de moitié par les attaques des borers),

- et d'autre part, l'association avec des espèces à croissance lente (1 m/an), permet à terme, par le jeu sélectif des éclaircies, d'obtenir un peuplement monostrate de l'espèce à longue révolution (Badi, Okoumé, Niangon) avec quelques dizaines de pieds d'Acajou en mélange. Le taux du mélange final est fonction

de la croissance et/ou de la conformation des Acajous. Si celles-ci s'avèrent trop décevantes, le peuplement final sera converti en peuplement monospécifique de l'espèce à longue révolution associée dans le mélange d'origine.

63 Contraintes sylvicoles pour la création des peuplements en mélange

Du comportement caractéristique de chaque espèce se dégage un ensemble de contraintes sylvicoles propres aux peuplements en mélange.

Si le reboiseur décide de planter en mélange deux espèces, il lui appartient d'assurer des essences :

- aux exigences écologiques identiques.
- des espèces dont les densités à la plantation sont similaires.
- dont les caractéristiques de croissance et de sylviculture sont compatibles.

	Fraké	Framiré	Samba	Cedrela	Gmelina	Teck	Pin	Badi	Okoumé
Fraké									
Framiré	+/0								
Samba	+/0	+/0							
Cedrela	-	-	-						
Gmelina	0	0	+/0	+/0					
Teck	0	0	0	0	+/0				
Pin	-	-	-	-	-	-			
Badi	-	-	-	-	-	-	-		
Okoumé	-	-	-	-	-	-	-	+/0	
Niangon	-	-	-	-	-	-	-	0	0

+ : Les deux espèces peuvent être menées en mélange, pied par pied, sans en privilégier aucune.

0 : L'espèce principale doit être choisie dès la plantation ou, au plus tard, lors de la première intervention en dépressage pour fixer définitivement, à un stade précoce, la vocation du peuplement. En général, l'espèce principale est celle dont la croissance initiale est la plus forte.

Association à éviter.

Les principaux mélanges actuellement préconisables sont les suivants :

Mélange espèce principale/Espèce d'accompagnement

Framiré/Teck : Le Teck est une espèce d'accompagnement qui, dans ce

Fraké/Teck
Samba/Teck
Cedrela/Teck
Gmelina/Teck

dans ce rôle peut tolérer un certain couvert. Son accroissement relativement plus lent que celui des espèces principales considérées le cantonne dans la strate dominée. Utilisables essentiellement en zone de forêt dense semi-décidue, ces mélanges dans la zone préforestière peuvent évoluer vers un mélange pied par pied car la croissance des espèces dites principales diminue dans des proportions supérieures à celle du Teck qui peut alors les rattraper.

Acajou/Niangon : Utilisable en zone de forêt dense sempervirente, ce type de mélange est évolutif dans le temps. Très souvent dominés dans le jeune âge certains sujets d'Acajou, en dépit des attaques de borers, rattrapent les Niangons et les surciment, au fur et à mesure que les peuplements vieillissent. Le peuplement évolue vers un mélange pied par pied de quelques Acajous, dans un peuplement à dominante Niangon.



Mélange Niangon/Badi (3 ans); forêt de Yapo

Mélange pied par pied

Framiré/Fraké : Ce mélange, à réserver à la zone de transition forêt dense sempervirente/forêt dense semi-décidue, doit être traité de manière à favoriser le Framiré par des éclaircies tardives.

Fraké/Samba : Réservé à la zone de forêt dense semi-décidue, ce mélange peut être favorable au Samba en préconisant des éclaircies précoces.

Framiré/Samba : Ce mélange non expérimenté pourrait être utilisé en zone de transition forêt dense humide sempervirente/forêt dense humide semi-décidue. Des éclaircies tardives devraient favoriser le Framiré.

Badi/Acajou : Ce mélange, utilisé avec succès en Afrique centrale est à conduire au profit de l'Acajou lorsque celui-ci est bien venant. Dans le cas contraire, les Acajous sont à éliminer.

Cedrela/Gmelina: Ce mélange, utilisable dans toute la zone de forêt dense devrait être mené de façon à ne pas pénaliser le Gmelina dont la croissance initiale est inférieure à celle du Cedrela : des éclaircies tardives sont préconisées.

Samba/Gmelina : Ce mélange est à utiliser en zone de forêt dense semi-décidue, où des éclaircies tardives favoriseront le Gmelina.

Si le reboiseur décide d'associer en mélange pied par pied une espèce dont la densité initiale préconisée est de 500/700 tiges/ha (espèce principale) avec une espèce secondaire recommandée à 1 100 - 1 500 tiges/ha, la densité de l'ensemble retenue devra être la plus forte, soit 1 100/1 500 tiges/ha.

Si le mélange est réalisé ligne par ligne, avec un espacement entre ligne de 3,75 m (pour permettre des entretiens mécanisés), l'espèce principale est plantée à un écartement de 3,75 m sur la ligne et l'espèce d'accompagnement à un écartement de 2/2,5 m sur la ligne.

L'espèce d'accompagnement a, dans ce cas-là une vocation essentiellement culturale de contrôle du recrû et d'éducation des arbres du peuplement principal.

Toutefois, en fin de révolution de l'espèce principale, le gestionnaire

doit pouvoir récolter des tiges de l'espèce secondaire valorisables en bois d'oeuvre et/ou de service (poteaux, sciages).

Pour optimiser cette récolte, il est donc nécessaire que la conformation des tiges de l'espèce secondaire soit satisfaisante. Sur le plan sylvicole, conformation et densité de plantation sont étroitement liées ; il est donc nécessaire d'adopter une densité de plantation ne défavorisant pas l'espèce secondaire tout en intervenant vigoureusement dans l'étage dominant, formé par l'espèce principale, lors des premières éclaircies.

Le tableau ci-dessous résume les densités préconisées :

Densité de plantation	700 tiges/ha	1 100 tiges/ha	1 500 tiges/ha
Mélange	Framiré + Fraké Fraké + Samba Framiré + Samba	Acajou + Badi Acajou + Niangon Cedrela + Gmelina Okoumé + Acajou Gmelina + Samba	Framiré + Teck Fraké + Teck Samba + Teck Gmelina + Teck Cedrela + Teck

un taux de mélange peut être fixé en fonction de l'objectif assigné au peuplement.

	Vocation du peuplement	Taux de mélange à la plantation	Taux de mélange en fin de révolution
Espèce 1 Espèce 2	principale + accompagnement	40 - 50 % 50 - 60 %	25 - 35 % 65 - 75 %
Espèce 1 Espèce 2	mélange pied par pied	30 - 50 % 50 - 70 %	10 - 50 % 50 - 90 %

Le nombre de tiges plantées en espèce principale doit permettre d'opérer une sélection dans cette espèce lors des opérations d'éclaircies.

64 Recommandations

La conduite des peuplements en mélange est une opération délicate n'ayant pas encore fait l'objet d'une expérimentation approfondie systématique. Le CTFT a toutefois installé, depuis de nombreuses années, des parcelles de comportement d'espèces plantées en mélange.

L'analyse des données permet de dégager des orientations de sylviculture pour certains mélanges. Cependant, il est indispensable que le gestionnaire définisse clairement ses objectifs avant la création des peuplements. L'objectif d'un peuplement conditionne, en effet les règles sylvicoles qui lui seront appliquées (densité de plantation, taux de mélange, rythme et modalités des éclaircies, révolution, volumes récoltés, ...).

Les règles sylvicoles provisoires retenues pour un mélange espèce principale/espèce d'accompagnement sont celles de l'espèce principale. L'espèce d'accompagnement doit, en effet, être conduite de façon à ne pas concurren- cer les arbres d'avenir de l'espèce principale (d'où nécessité d'éclaircies par le haut de l'espèce d'accompagnement, à leur proximité du partenaire dominant).

Pour un mélange pied par pied, les espèces recommandées ont des règles sylvicoles compatibles à moduler en particulier en fonction des proportions du mélange (celles-ci évoluent en fonction des interventions en éclaircie). L'action du sylviculteur permet donc de favoriser une espèce donnée, notamment lorsque la croissance de la deuxième espèce est décevante.

En Côte d'Ivoire les opérations de reboisement ont commencé dès 1930 dans la zone de la forêt dense sempervirente. A partir des nombreuses réalisations effectuées par les différentes méthodes d'enrichissement et de reboisement, il a été possible de commencer à comprendre l'autoécologie de certaines espèces de forêt dense humide. De multiples essais de comportement ont été réalisés, et permettent de définir une gamme d'espèces propres aux opérations de reboisement. Simultanément le choix des méthodes et des espèces de reboisement a évolué en fonction des connaissances acquises et des impératifs techniques et économiques.

Il faut être conscient que la politique de reboisement actuelle est soumise à des impératifs économiques stricts qui ont conduit à sélectionner :

- Des espèces dont la multiplication est aisée et pour lesquelles la reprise à la plantation est bonne,

- Des espèces de plein découvert et à forte croissance initiale afin de limiter le nombre des entretiens nécessaires à la réussite des jeunes plantations,

- Des espèces à forte croissance en volume et donc à moyenne révolution. Un des buts de cette option est d'assurer à court terme des relais de production se substituant partiellement à la forêt naturelle.

Pour chaque zone homoécologique, le choix d'espèces de plein couvert, à système racinaire résistant aux traumatismes éventuels occasionnés par la plantation, à forte croissance et pouvant être traitées en peuplements monospécifiques est donc réalisé grâce à des parcelles de comportement.

Ce préalable réalisé, le sylviculteur se doit de résoudre pour chaque espèce retenue pour les reboisements les problèmes suivants :

- l'identification de provenances adaptées à chaque zone de reboisement,
- la définition des types de plants et de leurs techniques de production,
- le choix de densités de plantation minimales à respecter pour obtenir une bonne conformation des tiges,
- le rythme et les modalités des opérations de contrôle de la végétation adventice,
- l'opportunité de la réalisation d'opérations d'élagage artificiel induisant une amélioration de la qualité des bois,
- la définition du régime des éclaircies avec son adaptation en fonction de la fertilité des stations,
- l'incidence du diamètre d'exploitabilité sur la révolution et la nature des produits récoltés.

Il est certain que le présent document n'est qu'un aide-mémoire très incomplet pour les responsables des opérations de reboisement à vocation bois d'oeuvre et plus particulièrement pour les sylviculteurs. Les résultats du CTFT sont présentés le plus synthétiquement possible dans une optique de transfert au développement des résultats de la recherche.

Dans certains cas, en particulier pour les règles culturales d'espèces telles que le Gmelina, le Badi, les Pins certaines préconisations ne sont que provisoires car issues d'expérimentations fragmentaires et/ou en cours d'exploitation.

Il apparaît que les efforts des recherches en sylviculture des plantations à vocation bois d'oeuvre devraient être poursuivis dans les directions suivantes :

- La poursuite de l'identification de nouvelles espèces à vocation bois d'oeuvre, de plein découvert et à croissance rapide.
- L'amélioration des opérations d'entretien, d'élagage, ... des jeunes peuplements.
- L'établissement de modèles de croissance pour les différentes espèces utilisées en reboisement industriel. Ces modèles de croissance devraient permettre de moduler des règles d'intervention moyenne en fonction de conditions stationnelles ou de peuplement particulier
- L'installation ou le suivi de dispositifs sylvicoles complémentaires

pour les espèces dont les règles sylvicoles sont encore provisoires.

- L'étude de l'association de certaines espèces en mélange et de la sylviculture des peuplements ainsi

Une telle action, qui relève du long terme, ne peut être réalisée qu'en collaboration étroite avec les utilisateurs de la recherche. En ce qui concerne les règles sylvicoles établies par la recherche, il est probable qu'elles devront parfois être adaptées à des cas de figure particuliers à partir desquels il sera possible de mieux cerner la réalité. Ces effets de rétroaction développement-recherche sont donc espérés pour être intégrés dans les modèles de production qui doivent envisager un maximum d'hypothèses.

En ce qui concerne le choix des espèces de reboisement, les préconisations suivantes peuvent être faites :

Zone	Peuplements purs		Peuplements en mélange	
	Longue révolution	Moyenne révolution	Longue révolution	Moyenne révolution
Forêt dense sempervirente	Niangon Okoumé Badi	Framiré Gmelina Pins	Acajou + Niangon Acajou + Badi	
Forêt dense semi-décidue	Teck Badi	Framiré Fraké Samba Cedrela Gmelina Pins		Framiré + Fraké Samba + Fraké Framiré + Teck Samba + Teck Gmelina + Teck Fraké + Teck
Préforestier	Teck	Gmelina		Gmelina + Teck

Il est bien évident que les règles sylvicoles proposées appellent de nombreux commentaires. En particulier, en ce qui concerne les densités de plantation, il est possible de distinguer deux groupes d'espèces :

- Les espèces où l'effet de peuplement est indispensable pour assurer une bonne conformation des tiges (rectitude en particulier) comme le Teck, le Cedrela ou le Gmelina. L'obtention de peuplements de qualité est subordonné au respect de seuils de densité minimum en particulier à la plantation.

- Les espèces dont l'architecture est peu influencée par la densité comme les Terminalia. Pour ces espèces il est possible de s'orienter vers des plantations à grands écartements (5 x 5 mètres soit 400 tiges/ha). Cette solution suppose une sylviculture dynamique avec en particulier des élagages artificiels pour éviter la présence de gros noeuds dans le bois. Ces faibles densités de

plantation permettraient en contrepartie de supprimer la première éclaircie toujours coûteuse. Avec l'utilisation de matériel végétal amélioré il est envisageable de réduire encore la densité de plantation.

Ces grands écartements de plantation peuvent d'ailleurs suggérer des associations temporaires avec des cultures vivrières intercalaires (maïs et arachide en particulier) jusqu'au commencement de la fermeture du couvert. Ces cultures intercalaires sont par ailleurs souhaitables pour faciliter le contrôle de la végétation adventice indésirable et assurer une valorisation des peuplements. Ces associations culturales annuelles, réalisées pendant les premières années de la vie du peuplement, permet- traient la réduction du nombre des entretiens et une production vivrière annuelle. Mais ces quelques considérations nous conduisent déjà au seuil de l'agroforesterie.

Notre propos n'est pas ici de dresser une liste exhaustive des actions de recherche à entreprendre. Le dynamisme des reboiseurs doit nous inciter toutefois à canaliser nos énergies vers des centres d'activités générateurs de résultats rapides sans toutefois oublier que la forêt restera toujours du long terme.

Il nous paraît aussi important de souligner encore ici l'acquis disponible sur la sylviculture des plantations en zone de forêt dense humide de plaines. Toutefois le recours aux plantations industrielles ne doit pas masquer la nécessité d'éviter un appauvrissement et une dégradation excessive des formations naturelles. Leur aménagement pourrait permettre de réduire la nécessité d'une artificialisation intense des techniques culturales et du milieu naturel liée au reboisement industriel. Ce processus n'est pas en effet dépourvu de risques en particulier sur le plan phytopathologique.

L'expérience montre aussi la nécessité de contrôler l'agriculture itinérante à proximité des massifs forestiers et suggérerait d'essayer de combiner, chaque fois que cela est possible, aménagement des formations naturelles et reboisement. Cette dernière solution serait alors réservée aux peuplements dégradés dont la conversion en plantations équiennes est nécessaire.

7 - PLANTATIONS EN PLEIN DECOUVERT DE 58 ESPECES PEU CONNUES DE FORET DENSE HUMIDE AFRICAINE

58 espèces de forêt dense humide africaine ont été testées en plantation en plein découvert sur différents sites dont les conditions climatiques correspondent à la forêt dense sempervirente, la forêt de transition sempervirente/semi-décidue et la forêt semi-décidue.

Les essais ont été mis en place à partir de 1981 en Côte d'Ivoire sur les sites suivants :

- Yapo, en forêt dense sempervirente,
- Mopri, en forêt de transition semi-décidue/sempervirente,
- Sangoué, en forêt semi-décidue.

Dans la zone d'étude concernée, la pluviométrie moyenne annuelle varie de 1 200 mm/an à 1 800 mm/an. La durée de la saison sèche est comprise entre 3 et 6 mois.

L'apport de ces dispositifs est immense. Ils montrent très simplement que beaucoup d'espèces de forêt naturelle peuvent être plantées en plein découvert avec succès.

Leur croissance initiale est satisfaisante : l'accroissement moyen en hauteur est souvent supérieur à 1 m/an. Le principal paramètre sylvicole à contrôler est la réalisation soigneuse et répétée des entretiens jusqu'à ce que les arbres soient affranchis du recrû.

En fonction de leurs caractéristiques écologiques certaines espèces ont été introduites sur plusieurs sites. Le terrain de plantation a été défriché intégralement soit manuellement (Yapo) soit mécaniquement (Mopri et Sangoué). La plantation a été réalisée à l'écartement de 3 m x 3 m en plein découvert.

LISTE DES ESPECES TESTEES EN PLACETTES DE COMPORTEMENT SUR LES TROIS SITES DE YAPO, MOPRI ET SANGOUE.

	Espèces	Noms scientifiques
1	Abale	Petersianthus macrocarpa
2	Aboudikro	Entandrophragma cylindricum
3	Acajou bassam	Khaya ivorensis
4	Acajou blanc	Khaya anthotheca
5	Acajou grandes feuilles	Khaya grandifolia
6	Acajou senegal	Khaya senegalensis
7	Adjouaba	Dacryodes klaineana
8	Aiélé	Canarium schweinfurthii
9	Akatio	Chrysophyllum africanum
10	Ako	Antiaris africana
11	Akoua	Antrocaryon africana
12	Amazakoué	Guibourtia ehie
13	Aniégré blanc	Aningeria robusta
14	Aribanda	Trichilia lanata
15	Azobé	Lophira alata
16	Azodau	Afzelia bella v. gracilor
17	Ba	Celtis mildbraedii
18	Badi	Nauclea diderichii
19	Bahé	Fagara macrophylla
20	Bété	Mansonia altissima
21	Bi	Eribroma oblonga
22	Bodo	Detarium senegalense
23	Bon	Cordia platythyrsa
24	Bossé	Guarea cedrata
25	Dabema	Piptadeniastrum africanum
26	Dibétou	Lovoa trichiliodes
27	Difou	Morus mesozigia
28	Eho	Ricinodendron africanum
29	Emien	Alstonia boonoi
30	Etimoé	Copaifera salikounda
31	Faro	Daniellia ogea
32	Fromager	Ceiba pentandra
33	Iatandza	Albizia ferruginea
34	Ilomba	Pycnanthus angolensis
35	Iroko	Chlorophora excelsa
36	Ko melega	Berlinia confusa
37	Kosipo	Entandrophragma candollei
38	Kotibé	Nesogordonia papaverifera
39	Koto	Pterygota macrocarpa
40	Lati	Amphimas pterocarpoïdes
41	Lingué	Afzelia africana
42	Lo	Parkia bicolor
43	Lohonfé	Celtis adolphi federici
44	Lotofa	Sterculia rhinopetala
45	Makoré	Thieghemella heckelii
46	Melegba	Berlinia grandiflora
47	Movingui	Distemonanthus benthamianus
48	Niangon	Heritiera utilis
49	Oba	Bombax buonopozense
50	Ouara	Cola gigantea
51	Ouochi	Albizia zygia

LISTE DES ESPECES TESTEES EN PLACETTES DE COMPORTEMENT SUR

LES TROIS SITES DE YAPO, MOPRI ET SANGOUE

Espèces		Noms scientifiques
52	Poré-poré	Sterculia tragacantha
53	Pouo	Funtumia africana
54	Rikio	Uapaca guineensis
55	Sipo	Entandrophragma utile
56	Sougué	Parinari excelsa
57	Tali	Erythrophleum ivorense
58	Tiama	Entandrophragma angolense

71 Principaux résultats acquis à 10 ans

Forêt dense sempervirente

La pluviométrie moyenne annuelle est supérieure à 1 600 mm/an, la durée moyenne de la saison sèche est inférieure à 4 mois et le déficit hydrique moyen annuel inférieur à 300 mm/an.

L'Oba, le Badi, le Niangon, l'Aribanda, le Bon, le Pouo, le Makoré, le Tali ont une croissance moyenne en hauteur supérieure à 1,5 m/an, leur croissance moyenne en diamètre excède 1,5 cm/an.

Toutes ces espèces ont un bon taux de survie.

Il faut aussi noter le bon comportement de l'Acajou bassam, du Lingué, du Koto, de l'Akoua et du Ouochi.

Forêt de transition sempervirente/semi-décidue

La pluviométrie moyenne annuelle est comprise entre 1 300 mm/an et 1 600 mm/an. La durée moyenne de la saison sèche varie de 3 à 5 mois. En règle générale la croissance moyenne en hauteur est inférieure à 1,5 m/an.

Les espèces qui ont une croissance moyenne en diamètre supérieure à 2 cm/an et un bon taux de survie sont : le Badi, le Fromager, l'Oba, l'Ouochi et le Poré-Poré.

Le Lingué, le Koto et le Bété ont aussi un comportement satisfaisant en plantation.

Forêt semi-décidue

La pluviométrie moyenne annuelle varie de 1 000 mm/an à 1 400 mmmm/an. La durée de la saison sèche est comprise entre 4 et 6 mois. Le déficit hydrique annuel moyen est inférieur à 700 mm/an.

Seulement 26 % des espèces testées ont un accroissement moyen en hauteur supérieur à 1 m/an.

Les espèces qui combinent un bon taux de survie et une croissance initiale suffisante sont : le Badi, l'Oba, le Poré-Poré, le Ouara, l'Acajou blanc, l'Acajou grandes feuilles, l'Acajou senegal, le Lingué, le Koto et le Bété.

72 Enseignements et recommandations

Les meilleures croissances sont enregistrées en zone de forêt dense sempervirente. La croissance initiale en hauteur est de l'ordre de 1 m/an jusqu'à l'âge de 5 ans. Après cette phase d'installation, l'accroissement moyen en hauteur se stabilise autour de 1,5 m/an.

En forêt semi-décidue, la croissance initiale enregistrée est globalement plus faible. A 10 ans elle est de l'ordre de 1 m/an.

LISTE DES ESPECES PRESENTANT UN TAUX DE SURVIE SUPERIEUR A 75 % ET UN ACCROISSEMENT MOYEN SUR LE DIAMETRE SUPERIEUR A 1,5 CM/AN

FORMATION NATURELLE		
Forêt sempervirente	Forêt de transition	Forêt semi-décidue
Oba Akoua Melegba Badi Makoré Pouo Ouochi Lingué Niangon Koto Bon Tali	Fromager Oba Poré-Poré Badi Bon Emien Koto	Oba Poré-Poré Acajou blanc Ac. gr. feuille Acajou sénégal

La qualité technologique des bois est un critère fondamental dans le choix d'une espèce de reboisement. Ce paramètre étant considéré, les espèces qui présentent un bon comportement en plantation (survie, croissance, forme) et à promouvoir en priorité pour le reboisement sont les suivantes :

ESPECES A PROMOUVOIR EN REBOISEMENT

Forêt sempervirente : Oba, makoré, Acajou bassam, Niangon, Badi, Pouo, Koto, Lingué.

Forêt semi-décidue : Fromager, Oba, Badi, Koto, Acajou blanc, Acajou grande feuille, Acajou sénégal, Lingué, Bété.

Certaines de ces espèces (Acajou, Niangon, Sipo, Makoré, Badi, etc ...) ont déjà été utilisées par le passé en reboisement. Le succès de l'utilisation de ces espèces a reposé sur un contrôle strict des opérations d'entretien durant les premières années ainsi que sur l'adoption de densités de plantation élevées permettant une fermeture rapide du couvert arboré.

RESULTATS DE CROISSANCE EN 1990 DES ESPECES TESTEES SUR LES TROIS STATIONS EXPERIMENTALES

Espèces	Station de Yapo				Station de Mopri				Station de Sangoué			
	Age (ans)	Vivants %	C (cm)	H (m)	Age (ans)	Vivants %	C (cm)	H (m)	Age (ans)	Vivants %	C (cm)	H (m)
Abalé	8	0							10	0		
Aboudikro	7	74	32,2	5,4								
Acajou bassam	8	76	45,5	12,1								
Acajou blanc	8	98	28,1	6,2					10	100	56,2	11,9
Acajou gr.feuille	8	96	36,8	8,8					10	98	52,7	13,3
Acajou senegal									10	98	52,3	9,2
Adjouba	7	55	16,2	2,1								
Aiélé	7	47	37,6	10,1	8	65	34,3	9,0				
Akatio					10	0			10	0		
Ako	6	61	32,5	4,7	10	18	55,9	11,0	10	12	26,7	5,3
Akoua	7	94	49,8	8,6								
Amazakoué	8	78	30,3	6,9					10	0		
Aniégré blanc					8	12	28,4	4,8	10	0		
Aribanda	8	59	57,2	13,7	10	4	43,0	9,4	10	29	40,2	8,3
Azobé	8	98	31	11,7					10	31	35,1	10,0
Azodau	8	80	25,9	7,2	10	33	40,5	8,1	10	29	34,4	6,9
Ba					10	43	39,1	8,9	9	96	15,7	2,4
Badi					10	59	66,2	15,0	10	61	74,4	13,2
Bahé	7	90	24,8	7,0	8	37	51,8					
Bété	6	96	34,2	7,4	10	96	38,9	9,9	10	86	28,0	5,2
Bi	8	96	36		10	33	43,3	11,4	10	2	21,0	3,7
Bodo	6	73		2,3								
Bon	6	100	54,1	10,0	8	92	39,4	9,5				
Bossé	7	39	13,3	2,5	0	0			10	0		
Dabema	8	49	35,6	8,1								
Dibétou	8	0			10	0						
Difou	6	94	28,9	5,6	8	57	25,2		9	8	21,3	4,4
Eho	8	33	50,4	9,4	10	14	100,1	14,8	10	4	90,5	11,0
Emien	6	98	46,7	7,0	8	90	58,0	10,5				
Etimoé	6	100	15,1	3,4	8	80	20,3	4,1				
Faro	4	51	16,5	2,5	8	63	27,6		10	31	17,5	4,4
Fromager					10	88	92,0	14,1				
Iatandza									9	8	32,0	6,0
Ilomba	6	29	39	4,7	10	0						
Iroko	8	86	34,8	6,9	10	0			10	0		
Kosipo	7	84	28,6	5,5								
Kotibé	5	94	21,7	4,4	10	16	50,7	4,2	10	16	28,4	4,7
Koto	8	82	39,7	10,0	10	80	53,3	14,2	10	94	37,3	6,7
Lati					8	6	39,0					
Lingué	8	100	40,4	11,6	10	100	36,3	11,0	10	82	38,6	7,8
Lo	7	98	23,8	5,1	8	41	48,0		9	33	32,3	5,9
Lohonfé	8	37	37,8	3,9	10	0			10	4	52,5	11,5
Lotofa	8	45	18,3	3,1	10	67	31,9	5,3	10	49	28,7	4,9

Espèces	Station de Yapo Age (ans)	Vivants %	C (cm)	H (m)	Station de Mopri Age (ans)	Vivants %	C (cm)	H (m)	Station de Sangoué Age (ans)	Vivants %	C (cm)	H (m)
Makoré	7	96	43,1	10,9	8	27	31,3					
Melegba	7	76	45,5	6,5					10	43	42,8	7,1
Movingui	5	71	21,9	6,3								
Niangon	8	90	40,1	14,4	8	8	43,3					
Oba	8	51	83,8	14,2	10	43	109,1	12,2	10	80	74,1	10,6
Ouara									10	57	53,5	7,4
Ouochi	7	80	40,1	8,4	8	43	57,5		9	20	35,3	6,2
Poré-Poré					10	92	63,0	12,2	10	80	58,4	10,1
Pouo	8	90	47,5	12,5	8	49	46,7					
Rikio	8	51	59,5	12,3								
Sipo	6	88	31,1	7,2	8	20	45,3		10	2	11,0	2,4
Sougué	5	86	36,5	9,4								
Tali	5	96	33,9	12,0								
Tiama	8	69	25,4	5,7	10	0			10	2	48,0	15,5

Les plantations à larges écartements pour les espèces à croissace initiale relativement faible (Sipo, Niangon, Makoré, ...) ont rarmeent réussi compte tenu de la mortalité naturelle ou consécutive à des entretiens insuffisants. Ces plantations étaient réalisées en conservant une partie du couvert préexistant (méthode des layons, méthode du sous- bois, ...).

Les résultats disponibles actuellement, 10 ans après la plantation, montrent clairement que :

- la plupart des espèces supportent parfaitement la plantation en plein découvert ;
- la principale contrainte pour la réussite de plantations d'espèces à vocation bois d'oeuvre est la réalisation d'entretiens soignés et répétés pendant une durée de 5 à 8 ans.

Une des solutions testées avec succès pour le contrôle des adventices est l'utilisation de plantes de couverture comme le Pueraria ou le Leucenea. Cette technique ne diminue pas le nombre des entretiens mais permet un contrôle efficace des adventices tout en assurant une protection optimum des sols.

La sylviculture des essences de bois d'oeuvre à longue révolution exige un effort important lors de la plantation et durant la phase d'installation de peuplements. Les recommandations sylvicoles de base à respecter pour la réussite des plantations sont :

- un matériel végétal de qualité,
- une trouaison à 40 x 40 x 40 cm,
- une fertilisation starter,

- un écartement maximum de 3 m x 3 m,
- un traitement herbicide en préémergence,
- l'utilisation d'une plante de couverture (Pueraria, Leucenea, ...),
- un rythme d'entretien soutenu jusqu'aux premières éclaircies.

Dans de nombreux cas, les études concernant le régime optimum des éclaircies restent soit à finaliser soit à entreprendre mais l'acquis sylvicole est considérable et reste à valoriser.

QUATRIEME PARTIE

TENDANCES EVOLUTIVES ET BESOIN

Durant les dernières décennies, les sylviculteurs se sont attachés à étudier les problèmes de production de plants, d'études de concurrence et de productivité. Les résultats obtenus sont là pour témoigner de la vigueur de leurs efforts.

A ce jour ces derniers doivent se poursuivre dans différentes directions :

- L'étude de nouvelles espèces,
- Les relations sol/croissance,
- Les modèles de production,
- Les études de peuplements en mélange,
- Les relations sylviculture/amélioration/technologie,
- La gestion des plantations.

1 - ETUDE DE NOUVELLES ESPECES

La raréfaction de la ressource ligneuse issue des forêts naturelles a conduit à tester de nombreuses espèces en plantations en plein découvert (BERTAULT 1982, DUPUY 1990).

Les espèces pouvant être retenues sont : le Fromager (*Ceiba pentandra*), l'Oba (*Bombax buonopense*), le Bété (*Mansonia altissima*), le Pouo (*Funtumia elastica*), le Rikio (*Uapaca guinéensis*), etc ...

Pour chacune d'entre elles la démarche traditionnelle : étude de type de plants, essais de concurrence, étude de productivité doit être entreprise.

2 - LES RELATIONS SOL - CROISSANCE

Cet élément des études stationnelles est indispensable pour améliorer l'adéquation entre le site de reboisement, et l'espèce plantée.

L'objet des études des relations entre le sol et la croissance des plantations est d'évaluer l'influence de ce paramètre sur la productivité des reboisements. Le sol doit être envisagé d'un point de vue physique (texture, structure, profondeur, ...), chimique (pH, réserves chimiques, carences, ...) et hydrique. A cet égard l'aspect dynamique de l'eau est fondamental en zone tropicale car c'est ici le principal facteur limitant.

Conjointement, il faut envisager, en relation avec le développement, des études concernant :

- la fertilisation qui permet de corriger les carences,
- le drainage pour le reboisement des zones hydromorphes et des bas- fonds,
- le travail du sol et l'utilisation d'herbicides qui agissent activement sur le bilan hydrique des jeunes plantations.

3 - LES MODELES DE PRODUCTION

Lorsque la première génération de tables de production sera terminée, les actions de recherche doivent être poursuivies afin d'aboutir à des modèles de production plus performants.

Ceux-ci doivent intégrer notamment des sylvicultures variables adaptables à différentes hypothèses de production. L'aspect financier doit être pris en compte en aval des aspects techniques comme outil d'aide à la décision.

4 - LES ETUDES DE PEUPLEMENTS EN MELANGE

C'est un aspect de techniques culturales qui est ici à développer. L'objet de l'association de plusieurs espèces à la plantation est multiple :

- limiter l'impact des problèmes phytosanitaires dans les plantations monospécifiques,
- faciliter le contrôle des adventices et limiter le problème des feux par l'obtention de peuplements pluristrates,

- réduire l'importance de la première éclaircie très précoce en diminuant la densité, et donc l'apparition de la concurrence, dans l'étage dominant,

- élaborer des associations d'espèces permettant le maintien et l'amélioration de la fertilité.

Deux voies sont à prospecter en priorité. D'une part la création de peuplements à structure bistrate de type taillis sous futaie par association d'une espèce dominante bois d'oeuvre avec une espèce dominée bois de feu : Fraké, Framiré ou Samba, ... avec le Teck.

D'autre part, des associations espèces à vocation bois d'oeuvre avec des Acacia (*mangium, auriculiformis, ...*) susceptibles d'enrichir le sol notamment en azote.

En dernier lieu les plantations d'espèces sciaphiles sous couvert de Leucaena restent une technique à explorer et promouvoir compte tenu de premiers résultats encourageants.

5 - LES RELATIONS AMELIORATION GENETIQUE/SYLVICULTURE/TECHNOLOGIE

En amont de la sylviculture les recherches en amélioration génétique permettent de produire un matériel végétal de meilleure qualité. Ces résultats doivent permettre de réduire les densités de plantation et d'évoluer dans certains cas vers des grands écartements à la plantation (*Terminalia spp, Samba, ...*). De telles sylvicultures doivent être testées et évaluées.

Simultanément la recherche de bois de qualité conduit à développer l'élagage artificiel.

L'impact des régimes d'éclaircie et des densités de plantation sur les caractéristiques des bois doit par ailleurs être quantifié par des études technologiques.

6 - GESTION DES PLANTATIONS

Les plantations sont un outil de la reconstitution d'un patrimoine forestier.

Leur coût élevé justifie les importantes recherches qui ont été menées

pendant plusieurs décennies pour optimiser leur création et leur gestion. La pérennisation d'une forêt naturelle ou artificielle repose actuellement sur son aménagement.

Les forêts naturelles soumises à surexploitation doivent être partiellement reconstituées par plantation notamment dans les zones dégradées suffisamment fertiles.

L'élaboration de tables de production pour les principales espèces de reboisement est une étape décisive pour l'aménagement des plantations. Elles permettent notamment de moduler les interventions sylvicoles en fonction de la fertilité et d'évaluer les récoltes futures.

L'optimisation des interventions et la planification dans le cadre d'un aménagement sont le garant d'une gestion rationnelle des plantations.

Actuellement le reboisement est une partie intégrante de la gestion des forêts tropicales. Grâce à la sélection d'espèces à croissance rapide, il permet de créer des relais de production pour la régénération des formations naturelles trop souvent surexploitée.

Indissociable de la sylviculture en forêt naturelle, le reboisement intervient lorsque la vocation forestière d'un massif est clairement affirmée.

Il permet alors la conversion d'une partie des peuplements naturels fortement dégradés en plantations équiennes productives.

Aujourd'hui, le principal problème rencontré est l'évaluation financière des actions de reboisement beaucoup plus coûteuses que l'aménagement extensif des formations naturelles.

La réponse à ces questions passe notamment par l'élaboration de modèles de gestion intégrant les aspects techniques et financiers. L'objectif d'un reboisement intensif étant la récolte de bois, la composante technologie et valorisation conditionne grandement la flexibilité du modèle.

Il faut donc envisager la mise au point de logiciels d'assistance à l'aménagement forestier. Les plantations équiennes sont certainement un cadre d'étude idéal pour développer ces activités.

La forêt tend à être considérée comme une entreprise dans laquelle un investissement doit se traduire par un bénéfice à long terme. Mais par ailleurs elle doit produire un revenu régulier pour payer les dépenses courantes annuelles ainsi que pour limiter au maximum le fond de roulement immobilisé par ces dépenses.

Un tel objectif ne peut être atteint si l'on se contente de gérer les peuplements les uns indépendamment des autres. D'un plan de gestion sylvicole il faut passer à un aménagement intégré des massifs forestiers avec une programmation du volume et de la répartition des recettes.

A terme il faut évoluer vers des systèmes experts de gestion forestière permettant une gestion administrative, technique et fiscale. A l'intérieur de ce système il sera notamment possible :

- de définir les règles préparatoires régissant les opérations à réaliser pour la création des plantations,

- de définir les opérations sylvicoles pour obtenir une production de bois conforme à l'objectif forestier,

- de réaliser des adaptations de programmation de récoltes en fonction de situations conjoncturelles à moyen terme.

CONCLUSION

Au début de l'exploitation des forêts tropicales celle-ci était concentrée sur quelques espèces. Soucieux de ne pas appauvrir cette forêt, les sylviculteurs se sont tournés vers les plantations d'enrichissement pour compenser les prélèvements des exploitants forestiers.

Avec le temps le nombre d'espèces commerciales a progressivement augmenté pour être multiplié par dix en quelques décennies. Ce sont maintenant une centaine d'espèces qui sont commercialisables.

En fait lors des premiers essais d'enrichissement et de plantation la forêt était encore très "riche". Les exploitations successives dont elle a fait l'objet depuis en sont la preuve. Le souci d'enrichir répondait à une contrainte matérielle qui était l'insuffisance des moyens de défrichement. Il existait aussi une volonté de modifier le moins possible l'écosystème.

Bien conduites, les méthodes manuelles peuvent donner d'excellents résultats. Des contraintes socio-économiques et techniques les ont condamnés au profit de méthodes plus intensives.

Celles-ci étaient justifiées par un appauvrissement croissant des forêts naturelles, une compétition agriculture/forêt et l'évolution des techniques. Par ailleurs les connaissances sur la sylviculture des peuple- ments naturels n'étaient pas suffisantes pour convaincre les décideurs de les mettre en oeuvre.

Plusieurs décennies de travaux de recherche nous permettent d'affirmer aujourd'hui que nous savons reboiser en zone tropicale humide. Simultanément il a été possible de développer les travaux de sylviculture en forêt naturelle. Aujourd'hui l'aménagiste dispose donc des outils techniques nécessaires pour la conservation de la forêt naturelle ou sa conversion en plantations équiennes. Il lui appartient donc de choisir des options techniques en fonction de ses objectifs et de ses contraintes.

QUELLE TECHNIQUE CHOISIR ?

La première préoccupation de l'aménagiste doit être d'inventorier et de cartographier les peuplements, selon une typologie adaptée à des buts d'aménagement forestier.

Cette typologie doit être établie en fonction des possibilités de choix des techniques sylvicoles disponibles.

Les paramètres à prendre en considération sont notamment :

- La continuité du couvert (photo-interprétation),
- La richesse en essences commerciales (inventaire statistique),
- Les potentialités stationnelles (topographie, fertilité, vulnérabilité, etc ...),
- La pression humaine agricole (intensité, type de spéculation, ...).

Cette typologie doit permettre une cartographie du massif avec établissement d'un parcellaire en unités homogènes justifiables d'un traitement sylvicole unique.

La taille de la parcelle est fonction des moyens disponibles : elle sera de quelques dizaines d'hectares. A titre indicatif la taille minimum d'une parcelle doit être de l'ordre de :

- 10 hectares pour les techniques de reboisement manuel.
- 30 hectares pour les techniques de reboisement mécanisé.
- 50 hectares pour les techniques d'amélioration des forêts naturelles.

La taille d'une parcelle doit tenir compte d'impératifs techniques et économiques. Cette base de travail pourra être modulée en fonction d'études ultérieures.

Le regroupement de ces unités au sein de séries (protection, production, régénération) doit permettre la hiérarchisation des interventions sylvicoles dans le temps lors de la mise en oeuvre de l'aménagement.

La chronoséquence des interventions doit tenir compte des limites techniques qu'impose la mise en oeuvre d'une technique donnée :

Coûts rapportés à l'hectare acquis des différentes techniques sylvicoles

Technique	Coût en main d'oeuvre HJ/ha	Coût matériel H/ha	Coût estimatif 1989 FCFA/ha
Amélioration Peuplement naturel	15	0,5	50 000
Enrichissement	60	1	150 000
Conversion manuelle	120	1	300 000
Conversion mécanisée	50	15	800 000

En réalité, le premier facteur limitant est le coût de mise en oeuvre de chaque technique lors de la première année. Les coûts ultérieurs correspondent à des entretiens (nettoyage, dégagement, délianage) ou à des opérations de valorisation (taille, élagage, dépressage, éclaircies) des peuplements sur pied.

Taux relatifs des besoins en homme et matériel à mobiliser la 1ère année par rapport à l'hectare acquis.

Technique	Coût main d'oeuvre HJ/ha	Coût matériel H/ha	% par rapport à l'hectare acquis
Amélioration Peuplement Naturel	7	0,4	50 % 80 %
Enrichissement	30	0,4	50 % 80 %
Conversion manuelle	60	0,8	50 % 80 %
Conversion mécanisée	15	12	30 % 80 %

- Coûts en main d'oeuvre rapporté à l'hectare acquis des différentes techniques sylvicoles

	Amélioration Peuplement naturel	Enrichissement	Reboisement Manuel	Reboisement Mécanisé
Temps nécessaire à 1 ha acquis (ans)	10	10	6	4
Révolution (ans)	25	45	35	25
Volume moyen à récolter en fin de révolution (m3 BO/ha)	20	140	180	180
Coût en main d'oeuvre par m3 Bois d'Oeuvre (HJ/m3)	1	0,4	0,5	0,2
Besoin en main d'oeuvre pour un programme 100 ha/an (H. an)	3	8	40	13

Les méthodes d'amélioration des peuplements naturels et d'enrichissement s'avèrent les moins coûteuses en main d'oeuvre mais les plus longues à mettre en oeuvre. L'amélioration des peuplements naturels est une technique simple qui suppose toutefois une richesse suffisante en essences commerciales d'une part et d'autre part l'existence d'une régénération naturelle.

Le reboisement mécanisé est coûteux mais simple de mise en oeuvre, il procure un rendement matière élevé. Le reboisement non mécanisé nécessite des disponibilités en main d'oeuvre très élevées.

Il est bien évident qu'ici l'aspect technique est subordonné à l'examen global du problème forestier. Il n'intervient que comme critère décisionnel dans une stratégie globale d'aménagement.

LE REBOISEMENT EST-IL RENTABLE ?

Souvent critiqué pour son coût élevé, le reboisement mécanisé intensif reste une technique intéressante. A cet effet une comparaison zone tempérée/zone tropicale forêt dense est riche en enseignements.

Opération	Forêt tropicale	Forêt tempérée
Défrichement et plantation	200 000 à 400 000 CFA	150 000 à 250 000 CFA
Entretien et éclaircies	300 000 à 400 000 CFA	300 000 à 400 000 CFA

Les coûts de création sont plus bas en zone tempérée, toutefois les croissances y sont largement inférieures.

Les plantations forestières en zone tropicale humide présentent de nombreux avantages de croissance et de productivité.

La croissance initiale est très forte avec des maxima d'accroissement en volume atteints entre 5 et 15 ans pour les espèces tropicales contre 50 à 100 ans pour les espèces tempérées. De fait, à diamètre d'exploitabilité égal, l'âge d'exploitabilité est beaucoup plus précoce en zone tropicale. Il est inférieur à 10 ans pour les objectifs biomasse (trituration, bois énergie) et compris entre 20 et 50 ans pour l'objectif bois d'oeuvre.

Essence de reboisement	Age d'exploitabilité (années)	Volume total Bois d'oeuvre produit (m3/ha)	Accroissement moyen bois d'oeuvre (m3/ha/an)
Douglas	65	390	6,0
Epicéa	110	510	4,6
Pin maritime	60	140	2,3
Fraké	25	230	9,2
Cedrela	28	253	9,0
Teck	60	330	5,5

Pendant le temps d'une révolution d'essence tempérée à croissance rapide comme le Douglas, il est possible de faire deux révolutions de Fraké ou

de Cedrela et de récolter une fois et demi plus de bois d'oeuvre. Ce rapport va augmentant avec des espèces de reboisement classiques comme l'Epicéa ou le Pin maritime. La production de bois d'oeuvre des reboi- sements en essences tropicales est alors deux à quatre fois supérieure à celle des espèces tempérées.

Cependant, il est souvent fait référence à une rentabilité insuffisante des plantations forestières sous les tropiques pour justifier l'abandon de cette technique.

Les raisons de la désaffection actuelle pour les reboisements sont diverses. En premier lieu cette technique n'a pas toujours été employée à bon escient : l'adéquation station/essence doit être respectée.

Les problèmes de réussite insuffisante des reboisements en zone humide ont aussi parfois des causes structurelles. Une chronoséquence des travaux correctement établie et respectée est nécessaire. Il faut planter à temps du bon matériel végétal, adapté au site, et ensuite entretenir suffisamment.

Le problème actuel le plus difficile à résoudre est l'absence de débouchés financièrement rémunérateurs qui justifieraient les investissements forestiers. Mais ce problème dépasse largement le cadre forestier puisqu'il concerne de nombreuses matières premières.

La question à se poser n'est-elle pas de savoir combien vaut réellement ce bois sur pied pour permettre la conservation et la gestion d'un patrimoine de forêts tropicales dont le rôle n'est pas uniquement la production ligneuse.

La troisième réalité à ne pas oublier est que la forêt est une culture pérenne à long terme qui n'est pas une spéculation financière des plus attractives. Son rôle réel dépasse les schémas productifs simples. Elle est un facteur biologique de l'équilibre du milieu.

La forêt naturelle ou plantée induit de nombreux effets écologiques et socio-économiques difficiles à appréhender et quantifier.

A ce titre, la reconstitution de la forêt par le reboisement, n'est plus une simple opération financière à rentabilité directe. Une telle démarche induit une analyse tronquée de la réalité.

Les arguments techniques sont favorables au reboisement en forêt tropicale surtout s'il est concentré sur des jachères forestières déjà défrichées.

Comparé aux zones tempérées, le taux de rotation des investissements

est au moins deux fois supérieur avec des coûts de création indentiques. Le vrai problème est la très faible valeur marchande du produit à vendre. Elle ne permet pas à l'investissement forestier de rivaliser avec d'autres spéculations plus attractives. Il est probable que la raréfaction de cette ressource à rôles multiples devrait conduire à réévaluer sa valeur marchande. Ici les intérêts en jeu ne sont pas uniquement financiers.

Aujourd'hui le taux interne de rentabilité des reboisements en zone tempérée est au maximum de 4 % pour des espèces dont la révolution est de 50 ans et le prix du m3 de bois d'oeuvre sur pied de 15 000 F CFA/m3 (Epicéa, Sapin, Douglas).

Pour la même valeur du m3 sur pied et les mêmes dimensions d'exploitabilité le T.I.R. atteint 10 % avec des espèces comme le Fraké, le Cedrela, le Framiré, ...

En réalité, il est fort difficile de se limiter à une analyse financière qui est hypothéquée par la valeur des bois sur le marché et des échéances à long terme.

La raison d'être des reboisements est avant tout un constat d'échec : celui de n'avoir pu préserver les forêts naturelles.

Si l'urgence aujourd'hui est de protéger une partie des formations naturelles de la destruction totale par un aménagement adapté, dans de nombreux cas le reboisement reste le principal outil pour reconstituer rapidement une forêt de production. La gestion des formations naturelles est par nature extensive. Moins coûteuse elle répond à des préoccupations de protection, conservation et production.

Le reboisement a, avant tout, une fonction de production qui lui impose des coûts de création élevés. Il faut aussi rappeler qu'il intervient dans la conservation ex-situ des ressources génétiques par le biais des plantations conservatoires.

Des essais récents prouvent que bon nombre d'espèces de forêt naturelle peuvent être plantées. Des essais de comportement réalisés en Côte d'ivoire montrent que le Lingué (*Afzelia africana*), le Bété (*Mansonia altissima*), le Tiama (*Entandrophragma angolense*), le Pouo (*Funtumia africana*) ... supportent des plantations en plein découvert. Leur croissance initiale comprise entre 0,50 et 1 m de hauteur/an, nécessite seulement des entretiens soigneux pendant 5 à 7 ans pour leur permettre de s'affranchir du recrû.

En réalité, l'homme a planté des arbres depuis plusieurs millénaires. Forêt et agriculture sont les deux aspects du renouvellement des ressources végétales utilisées par l'homme pour ses besoins.

La multiplication croissante des moyens de défrichement pose le

problème de la conservation du patrimoine forestier et de son renouvellement. Le reboisement en est un des aspects techniques.

En ce qui concerne l'aspect financier, il est opportun de se demander ici si l'utilisation du taux interne de rentabilité n'est pas abusive et permet ainsi de condamner en général l'action en milieu forestier.

Ce problème pose la nécessité de réfléchir à l'évaluation économique des actions forestières. Le paramètre temps pèse lourdement sur la réalité des projets forestiers. Peut-on réellement évaluer des actions fores- tières à long terme avec des outils créés pour le court terme ?

Nous ferons nôtre l'idée de LESLIE (1987), "la légitimité d'un taux d'intérêt spécialement bas pour la forêt est, de même que celle de l'intérêt nul, rejetée par la plupart des économistes, mais cela ne prouve pas que l'idée soit mauvaise".

Si provisoirement l'aspect financier prend aujourd'hui une importance démesurée, il ne faut pas perdre de vue que souvent l'échelle de vie de l'arbre excède largement celle de la génération humaine. Il y a cinquante ans, les forestiers tropicaux plantaient déjà : visionnaires ou utopistes

L'histoire montre leur perspicacité et c'est avec émotion que nous recueillons aujourd'hui les fruits de leur travail en sachant que nous aussi devons continuer à planter des arbres.

BIBLIOGRAPHIE

1 . BIBLIOGRAPHIE SUR LES PLANTATIONS D'ENRICHISSEMENT

ALBA P. A propos de l'enrichissement des forêts denses de l'Ouest africain. BFT (32). Novembre-Décembre 1953.

ARNOUX. Enrichissement en Okoumé de la région de Kribi. Introduction d'Okoumé au Cameroun. 1958.

AUBREVILLE A. Visite aux plantations de Limba au Moyen Congo. BFT (27). Janvier-Février 1953.

AUBREVILLE A. L'expérience de l'enrichissement par layons en Côte d'Ivoire. BFT (29). Mai-Juin 1953.

AUBREVILLE A. Forêts sauvages ou sylviculture. BFT. (33). Janvier-Février 1954.

AUBREVILLE A. Etude sur les forêts de l'Afrique Equatoriale française et du Cameroun. Bulletin scientifique no 2 du Ministère de la France d'Outre-mer. Direction de l'Agriculture, de l' Elevage et des Forêts. 1958.

BERGEROO-CAMPAGNE B. Evolution des méthodes d'enrichissement de la forêt dense de la Côte d'Ivoire. BFT (58). Mars-Avril 1958 et (59). Mai-Juin 1958.

BERTRAND A. La déforestation en zone de forêt en Côte d'Ivoire. BFT (202). 1983.

BANQUE MONDIALE. Sabah Forestry Technical Assistance Project. Seminar on the future role of forest plantations in the national economy incentives required to encourage investments in forest plantation development. December 1987.

BIRAUD J. Les plantations artificielles d'Okoumé : enrichissements. 2ème conférence forestière interafricaine. Pointe-Noire. 1961.

BIRAUD J., CATINOT R. Extension et restauration forestière au Gabon. CTFT. Nogent sur Marne. 1961.

BONNET-MASSIMBERT M., DE NEEF P. Le Framiré. Essai d'enrichissement sous deux types de couvert à l'Abbé et Mopri. Essai de cinq types de plants à l'Abbé. CTFT. Côte d'Ivoire. 1971.

CATINOT R., LEROY-DEVAl J. Essais destruction de la forêt dense par empoisonnement au Gabon. BFT (69). Janvier-Février 1960.

CATINOT R. Sylviculture tropicale en forêt dense africaine. BFT 100, 03-04/65, 101, 05-06/65, 102, 07-08/65 ; 103, 09-10/65 ; 104, 11-12/65.

CATINOT R. Le présent et l'avenir des forêts tropicales humides. Possibilités biologiques et économiques des écosystèmes forestiers tropicaux. Les limites de leur transformation. Référence particulière de

l'Afrique tropicale. BFT. (154). Mars-Avril 1974.

COLLET. Etude sur la forêt classée de Makak et du Nyong. Annexe au rapport annuel de 1949. Eseka, 1950.

CTFT. Techniques et méthodes à employer pour tirer un profit économique maximum des forêts tropicales naturelles Comité de la mise en valeur des forêts dans les tropiques. 1ère session. Rome. Octobre 1987.

CTFT. Amélioration de la jachère arborée dans l'agriculture itinérante en Afrique tropicale humide de basse altitude. 1987.

DONIS C. Essai d'économie forestière au Mayumbe. Institut National pour l'Etude agronomique au Congo belge. 1951.

DONIS C., MAUDOUX E. Sur l'uniformisation par le haut. Une méthode de conversion des forêts sauvages. Publications de l'Institut National pour l'Etude Agronomique du Congo belge. 1951.

DONIS C. La forêt dense congolaise et l'état actuel de sa sylviculture. Bulletin agricole du Congo belge. Vol. XLVII no 2. 1956. 262-320.

DONIS C. Sylvicultures tropicales. Buts, voies et moyens. Annales de Gembloux. 63ème année. 3ème trimestre. 1957, 186-202.

DONIS C. La forêt dense congolaise et l'état actuel de sa sylviculture. Sylviculture tropicale. Vol. III. Etude des forêts et des produits forestiers. Collection FAO. (13). Rome, 1959.

DONIS C. Aménagement intensif ou extensif des forêts tropicales. Bulletin de l'Institut Agronomique et des Stations de recherches de Gembloux. Tome XXVIII (2), 1960. 157-176.

FAO. Comité de la mise en valeur des forêts dans les tropiques. Rapport de la 1ère session. 18-20 Octobre 1967. Rome.

FAO. Les ressources forestières de l'Afrique et leur aménagement. Commission des Forêts pour l'Afrique. 6ème session. Arusha, Tanzanie. Septembre 1983.

FOREST DEPARTMENT. SIERRA LEONE. Rapport d'activité présenté à la 2ème session de la Conférence Interafricaine Forestière. Pointe Noire, 1958.

GOUDET J.P. Etude de la croissance de parcelles anciennes de Framiré en forêt de Yapo. Travaux d'éclaircie forestière. Pointe Noire, 1958.

GOUDET J.P. Note sur le Framiré en régénération artificielle. CTFT, 1978.

GOUGET P. Etude sur la forêt de Makak-Nyong. Essai d'interprétation des résultats obtenus par la méthode d'enrichissement en layons. BFT (22), 1952.

GRANDCLEMENT. Le traitement et l'enrichissement de la forêt dense. BFT (3o. 3ème trimestre, 1947.

GRISON F. Note sur les plantations de Fraké en forêt semi-décidue (station de Bilik). Centre de recherches forestières, Cameroun, 1979.

GROULEZ J. Centre d'essais forestiers de Loudima. CTFT, Congo. 1971.

GROULEZ J. Note sur les plantations de conversion dans les forêts tropicales humides. BFT (162). Juillet-Août 1975.

GUINAUDEAU F. Etude des parcelles de Framiré de Yapo Nord et d'Aké-Béfiat. CTFT Côte d'Ivoire, 1966.

GUINAUDEAU F., PRUVOT P., MARSELLE J.C. Etude de la parcelle D31 (forêt de Yapo). Plantation en layons de Niangon. CTFT Côte d'Ivoire, 1967.

GUISCAFRE J. Rappport sur la forêt de Mbalmayo. Service des Eaux et Forêts. Inspection du Centre. Cameroun, 1954.

GUISCAFRE J. Note sur les travaux d'enrichissement en forêt de Mbalmayo. Service des Eaux et Forêts. Inspection du Centre. Cameroun, 1956.

HAMEL O., MALAGNOUX M. Essai d'enrichissement en layons d'une forêt guinéenne sèche au Sénégal. Institut sénégalais de recherches agricoles/centre de recherche forestière, Dakar. Contribution au Congrès IUFRO, Kyoto, 1981.

HUMBLET P. Communication sur la politique sylvicole au Congo belge. Sylviculture tropicale; Vol. III. Etude des forêts et des produits forestiers. Collection FAO (13), 1958.

LANE D.A. Notes on silvicultural methods in use in Ghana. Artificial regeneration systems. Deuxième Conférence forestière interafricaine. Pointe Noire, 1958, 471-472.

LEROY-DEVAL J. Biologie et sylviculture de l'Okoumé. Tome 1. La sylviculture de l'Okoumé, CTFT. 1976.

LETOUZEY R. Manuel de botanique. Tome 2, CTFT, 1970.

LOWE R.G. Initial account of a teak thinning experiment. Fed. Dep. Forest Research. Ibadan, 1973.

LOWE R.G. The problem of natural regeneration in tropical moist forests in Nigeria. Fed. Dep. Forest Research. Ibadan, 1975.

LOWE R.G. Farm forestry in Nigeria. Fed. Dep. Forest Resarch. Ibadan, 1975.

LOWE R.G. One forestry experimental station. Fed. Dep. Forest Research. Ibadan, 1975.

LOWE R.G. Natural regeneration investigation at Ugo. Sapoba forest reserve. Fed. Dep. Forest research. Ibadan, 1975.

LOWE R.G. Experience with the tropical shelterwood system of

regeneration in natural forest in Nigeria. Forest Ecology and Management (1), 1978.

LOWE R.G., WALKER P. Classification of canopy, stem, crown, status and climber infestation in natural tropical forest in Nigeria. J. Appl. Ecol. 14, 1977, 879-903.

MAHEUT J, DOMMERGUES Y. Les teckeraies de Casamance. Sénégal, Eaux et Forêts, 1968.

MARTINOT-LAGARDE P. Le Niangon en plantation serrée sous forêt en Côte d'Ivoire, BFT (80). Novembre-Décembre 1961.

MAUDOUX E. Rapport sur les méthodes artificielles de régénération et d'amélioration des peuplements. 2ème session de la Conférence Interafricaine forestière. Pointe Noire, 1958.

MAUDOUX E. Rapport général sur l'état des recherches forestières au Congo belge. 2ème session de la Conférence Interafricaine forestière. Pointe Noire, 1958.

MAUDOUX E. Nouvelle technique d'enrichissement des forêts denses hétérogènes. La platation par placeaux denses espacés. 2ème Conférence forestière interafriciane. Pointe Noire, 1958. 294-304.

MENGIN-LECREULX P., MAITRE H.F. Les systèmes d'aménagement dans les forêts denses humides d'Afrique. Note pour l'Atelier International sur l'Aménagement et la Régénération des forêts denses humides. Caracas, Vénézuela, 1986.

MENSBRUGE G. de la. Etude sylvicole des principales essences commerciales. CTFT. Côte d'Ivoire, 1966.

MORELLET J. Une expérience sylvicole au Cameroun. Revue Bois et Forêts des Tropiques, (25). Septembre-Octobre 1952.

MORELLET J. Rapport général sur le Cameroun. Sylviculture tropicale, Vol. III. Etude des forêts et des produits forestiers. Collection FAO (13), 1958.

NGOUAH-MAVIANE P. Enrichissement en forêt dense dans la région de Douala-Yabassi. Cameroun, Eaux et Forêts, 1961.

NTIMA O.O. The Araucaria. Commonwealth Forewstry Institute. Oxford, 1968.

ROSEVEAR D.R., LANCASTER P.C. Historique et aspect actuel de la sylviculture au Nigéria. BFT (28). Mars-Avril, 1953.

ROUANET R. Rapport sur la Guinée française. Première Conférence Forestière interafricaine. Abidjan, 4-12. Décembre 1952.

SAWYERR J.S. The development and maintenance of the forest resources of Sierra Leone. United Nation Conference on the application of science and technology for the benefit of the less developed areas, 1962.

SODEFOR. Dispositif d'étude de l'évolution de la forêt dense ivoirienne suivant différentes modalités d'intervention sylvicole. Présentation des principaux résultats après quatre années d'expérimentation. CTFT-Nogent sur Marne - CTFT Abidjan. Avril 1985.

TARIEL J. Les plantations pour la production de bois d'oeuvre en forêt semi-décidue. Considérations générales. Notes sur la croissance du Samba et du Framiré. CTFT Côte d'Ivoire, 1965.

TARIEL J. Le Teck en Côte d'Ivoire. Note sur la sylviculture et la croissance des peuplements destinés à la production de bois d'oeuvre. CTFT Côte d'Ivoire, 1965.

TAYLOR C.J. La régénération de la forêt tropicale dense dans l'Ouest africain. BFT (37). Septembre-Octobre 1954.

VACLAV E. Forestry in Liberia. Silvicultura Tropica et Subtropica. (5). 1976, 21-40.

VACLAV E. Tree of forest plantations in Sierra Leone. Silvicultura Tropica and Subtropica. (6). 1978, 65-69.

WENCELIUS F. Note sur la station de la Mangombé. Centre de recherches forestières. Cameroun, 1979.

YOUGANG J. Rapport annuel d'activité 1976-1977 de la Direction des Eaux et Forêts et Chasses. Cameroun, 1978.

ABOU KOUABLAN. (1981) Croissance et productivité du Padouk (*Pterocarpus soyauxii*) sur les stations de Yapo-Sud et de l'Anguédédou. CTFT-CI, 8 p.

ADLER D. (1981). Estimation des volumes et accroissements des peuplements forestiers. Vol. 2 : Etude et prévision de la production. FAO. 229 p.

AUBREVILLE A. (1954). Note sur le Samba. Service Forestier de Côte d'Ivoire. 7 p.

AUBREVILLE A. (1954). Flore forestière de la Côte d'Ivoire. CTFT. Trois tomes.

ASSMANN E. (1970). The principles of forest yield study. Studies in the organic production, structure, increment and yield of forest stands. Oxford : Pergamon Press Ltd. 504 p.

BARBAUD P. (1976). Plantations expérimentales d'espèces papetières dans la région de San Pedro. CTFT-CI. 43 p.

BARRAUD F. (1973) Note sur la croissance du Sipo en forêt naturelle. CTFT-CI. 8 p.

BARTET J.H. (1976). Construction de tables de production à sylviculture variable pour l'Epicéa dans les Alpes du Nord. ONF. Section Technique. 144 p.

BARTET J.H., BOLLIET R. (1976). Méthode utilisée pour la construction de tables de production à sylviculture variable. ONF. Section Technique. 90 p.

BARY-LENGER A. (1983). L'expertise et la gestion financière des propriétés forestières. Vaillant Carmane. Liège. 192 p.

BELIGNE V. (1985). Croissance et productivité du Framiré (*Terminalia ivorensis*) en plantations. CTFT-CI. 83 p.

BELIGNE V., KAKOU BI D. (1979). Croissance et productivité de *Pinus caribaea* en basse Côte d'Ivoire. CTFT-CI. 14 p.

BELIGNE V, BALLE PITY. (1979). Croissance du Niangon en plantation. CTFT-CI. 18 p.

BERTAULT J.G. (1982). Etude sur le comportement d'essences locales de valeur installée en plein découvert. CTFT-CI. 30 p.

BILLAND A. (1981). Essai comparatif de provenances *Cedrela odorata*. Sangoué 1981. CTFT-CI. 15 p.

BLAL B. (1985). Etude sur les complexes mycorhiziens d'espèces forestières tropicales : influence sur la croissance de *Terminalia superba*

Engler et Diels (Fraké). CTFT-CI./INRA. 37 p.

BOUCHON J. (1974). Les tarifs de cubage. Paris. ENGREF. 85 p.

BOUCHON J. (1988). Les tables de production et les modèles de croissance : un outil de diagnostic sylvicole. RFF. no Spécial. 46-49.

BOUILLET J.P. (1984). Contribution à la phénologie du *Terminalia superba* au Cameroun et au Congo. CTFT-CI. 110 p.

BONNET-MASIMBERT M. (1970). Essai Samba. Types de plants. Mopri 1968. CTFT-CI. 6 p.

CABARET N. (1988). *Cedrela odorata, Cedrela angustifolia, Cedrela fissilis* : Essai comparatif de provenances Sangoué 1982. CTFT-CI. 15 p.

CABARET N. (1988). Essai comparatif de provenances de *Terminalia ivorensis* de Mopri 1968. CTFT-CI. 6 p.

CABARET N. (1988). Essai comparatif de provenances de *Terminalia ivorensis* de Mopri 1972. CTFT-CI. 18 p.

CABARET N., DUPUY B. (1988). Tarifs de cubage pour le Framiré. CTFT-CI. 6 p.

CABARET N., DUPUY B. (1988). Tarifs de cubage pour le Badi. CTFT-CI. 4 p.

CABARET N., NGUESSAN K. (1988). Essai écartement Gmelina arborea 1985. CTFT-CI. 3 p.

CAILLIEZ F. (1970). Essai comparatif de provenances de *Cedrela odorata*. Illustration de quelques méthodes d'analywse des données multidimentionnelles. CTFT. 33 p.

CAILLIEZ F., GUISCAFFRE J. (1973). Application de l'analyse muldidimensionnelle des caractéristiques technologiques à l'étude écologique des espèces forestières. CTFT 18 p.

CAILLIEZ F., BLANC N. (1978). Description de programme de calcul de tarifs de cubage d'arbres. Note 17, CTFT. 40 p.

CAILLIEZ F. (1980) Estimation des volumes et accroissement des peuplements forestiers. Vol. 1 : Estimation des volumes. FAO. 97 p.

CASTERA P. (1984). Evaluation précoce des propriétés du bois par procédés non destructifs. CTFT-CI. 51 p.

CASTERA P. (1984). Résultats de quelques observations sur la floraison d'un Framiré. CTFT-CI. 19 p.

CASTERA P., MAHAN E. (1985). Note sur la récolte et la conservation des fruits verts du Samba. CTFT-CI. 2 p.

CATINOT R. (1965). Sylviculture tropicale en forêt dense africaine. BFT. (Tiré à part). (100, 101, 102, 103, 104).

CATINOT R. (1984). En Afrique francophone l'avenir forestier tropical se jouera dans le cadre du monde rural. BFT. (203). 7-43.

CLEMENT J. (1970). Rapport d'activité de la station d'expérimentation forestière d'Oumé de 1965 à 1969. CTFT-CI. 94 p.

DECOURT N. (1964). Les tables de production, leurs limites, leur utilité. RFF. 640-657.

DECOURT N. (1965). Le Pin sylvestre et le Pin laricio de Corse en Sologne. Tables de production provisoires et méthodes utilisées pour les construire. Ann. Sci. For. (22). 259-318.

DECOURT N. (1972). Méthode utilisée pour la construction rapide de tables de production provisoires en France. Ann. Sci. For. 29 (1), 35-48.

DECOURT N. (1973). Protocole d'installation et de mesures de placettes de production semi-permanentes. CNRF/INRA. 25 p.

DECOURT N. (1973). Production primaire, production utile : méthodes d'évaluation, indices de productivité. Ann. Sci. For. 30 (3). 219-238.

DECOURT N. (1974). Remarque sur une relation dendrométrique inattendue. Conséquences méthodologiques pour la construction des tables de production. Ann. Sci. For. 31 (1). 47-55.

DE LA MENSBRUGE G. (1966). Etude sylvicole des principales essences commerciales. CTFT-CI. 104 p.

DE LA MENSBRUGE G. (1968). Cinq années d'essais sylvicoles en forêt semi-décidue. Mopri. (1964-1968). CTFT-CI. 27 p.

DE LA MENSBRUGE G. (1956). Le *Gmelina arborea* introduit autour de Bouaké. CTFT-CI. 17 p.

DELAUNAY J. (1977). Les essais de provenances de *Terminalia superba* 6 ans après leur mise en place en Côte d'ivoire. CTFT-CI. 7 p.

DELAUNAY J. (1977). Résultats d'un essai international de provenances de *Cedrela odorata* sept ans et demi après sa mise en place en Côte d'Ivoire. 15 p.

DELAUNAY J. (1978). Résultats d'un test de résistance de jeunes Frakés à la sécheresse. CTFT-CI. 3 p.

DELPECH R., DUME M., GAMICHE P. (1985). Typologie des stations forestières. Vocabulaire. IDF. 240 p.

DE NEEF P. (1969). Note sur les essais type de plants Samba entrepris à Mopri en 1967-1968. Observations sur les plantations antérieures. CTFT-CI. 15 p.

DE NEEF P. (1972). Essais de bouturage du Samba en 1970-1971. Essais sur matériel végétal ligneux. CTFT-CI. 8 p.

DE NEEF P. (1972). Sylviculture en forêt dense. Semis et plantations. CTFT-CI. 80 p.

DE NEEF P. (1973). Note complémentaire sur les essais de bouturage du Samba. CTFT-CI.

DEREIX C., MAITRE H.F. (1977). Eclaircie dans les plantations de Samba de la Sangoué. CTFT-CI. 22 p.

DIABATE K. (1976). Catalogue des essais de provenances et des essais d'espèces de Pins et Eucalyptus à San Pedro. CTFT-CI. 43 p.

DIABATE K. (1977). Résultats des essais de provenances de *Pinus oocarpa* Schiede mis en place en 1971-72 à San Pedro. CTFT-CI. 8 p.

DIABATE K. (1980). L'amélioration de *Pinus caribaea* en Côte d'ivoire. CTFT-CI. 9 p.

DOUMBIA F. (1985). Note sur la deuxième éclaircie dans les parcelles en mélange Fraké - Framiré 1976 de la Sangoué. CTFT-CI. 23 p.

DOUMBIA F. (1987). Eclaircie et mensurations de l'essai écartement Cedrela 1975 Sangoué. CTFT-CI. 10 p.

DOUMBIA F. (1987). Parcelle de comportement Cedrela 1969 Mopri. Bilan à la coupe rase. CTFT-CI. 12 p.

DOUMBIA F. (1990). Tarifs de cubage pour le Samba en plantation. CTFT-CI. 20 p.

DUPLAT P. PERROTE G. (1981). Inventaire et estimation de l' accroissement des peuplements forestiers. ONF. Section technique. 403 p.

DUPLAT P., TRAN-HA M. (1986). Modèles de croissance en hauteur dominante. ONF. Section technique. 34 p.

DUPUY B. (1982). Résultats des expérimentations sur quelques espèces à croissance rapide dans la région d'Edea. IRA/CRF. 65 p.

DUPUY B. (1983). Note sur l'Ilomba en forêt dense humide sempervirente. IRA/CRF. 4 p.

DUPUY B. (1984). Bilan en 1983 de la croissance des plantations d'Okoumé de la réserve forestière de la kienké-sud (Kribi-Cameroun). IRA/CRF. 60 p.

DUPUY B. (1984). Essai international de provenances de *Cordia alliodora*. Essai de la Sangoué. CTFT-CI. 3 p.

DUPUY B. (1985). Plantations à vocation bois d'oeuvre et association d'espèces en mélange : objectifs et contraintes sylvicoles. CTFT-CI. 11 p.

DUPUY B. (1985). Tests de provenances de *Gmelina arborea* en Côte d'ivoire. CTFT-CI. 18 p.

DUPUY B. (1985). Protocole d'implantation de placettes permanentes en vue de l'élaboration d'une table de production. CTFT-CI. 11 p.

DUPUY B. (1986). Eléments de méthodologie pour la construction des tables de production. CTFT-CI. 13 p.

DUPUY B. (1986). Principales règles de sylviculture pour les espèces à vocation bois d'oeuvre. CTFT-CI. 112 p.

DUPUY B. (1986). Etude de méthodes de plantation : le cas du Fraké. CTFT-CI. 17 p.

DUPUY B. (1986). Influence de l'intensité des éclaircies sur la croissance du Fraké. CTFT-CI. 8 p.

DUPUY B. (1986). Normes de sylviculture pour le Fraké en plantation. CTFT-CI. 7 p.

DUPUY B. (1987). Propositions pour l'adaptation des normes de sylviculture aux peuplements insuffisamment éclaircis. CTFT-CI. 11 p.

DUPUY B. (1987). Le Gmelina arborea : une essence de reboisement d'avenir. CTFT-CI. 11 p.

DUPUY B. (1987). Eclaircir : une nécessité. CTFT-CI. 6 p.

DUPUY B. (1987). Critères décisionnels pour les reboisements intensifs à vocation bois d'oeuvre. CTFT-CI. 14 p.

DUPUY B. (1988). Caractéristiques des éclaircies pour quelques espèces de reboisement à vocation bois d'oeuvre. CTFT-CI. 5 p.

DUPUY B. (1988). Etude de modalités d'éclaircies (rythme et intensité) pour le *Cedrela odorata*. CTFT-CI. 6 p.

DUPUY B. (1988). Caractéristiques des éclaircies pour quelques espèces de reboisement à vocation bois d'oeuvre. CTFT-CI. 6 p.

DUPUY B. (1988). Eléments des techniques sylvicoles pour la gestion intégrée des massifs. CTFT-CI. 8 p.

DUPUY B. (1988). Eléments de sylviculture pour le Badi en plantation. CTFT-CI. 2 p.

DUPUY B. (1989). Plaidoyer pour le reboisement en zones tropicales humides. CTFT-CI. 12 p.

DUPUY B. (1990). Comportement de 37 espèces ivoiriennes de forêt dense humide plantées en plein découvert. Bilan à 10 ans des essais en forêt de transition sempervirente/semi-décidue (Mopri). CTFT-CI. 11 p.

DUPUY B. (1990). Comportement de 34 espèces ivoiriennes de forêt dense humide plantées en plein découvert. Bilan à 10 ans des essais en forêt dense semi-décidue (Sangoué). CTFT-CI. 16 p.

DUPUY B. (1990). Croissance et productivité du Teck en Côte d'Ivoire.

CTFT-CI. 6 p.

DUPUY B. (1990). Etudes sur la croissance et la productivité du Teck en Côte d'ivoire. Tables de production. CTFT-CI. 20 p.

DUPUY B., N'GUESSAN. (1991). Le Gmelina arborea en Cote d'Ivoire. Tables de Production. CTFT-CI. 25 p.

DUPUY B., N'GUESSAN. DOUMBIA F. (1986). Evolution de la hauteur dominante dans les plantations de Fraké : définition de classes de productivité. CTFT-CI. 14 p.

DUPUY B., DOUMBIA F. (1986). Tarifs de cubage pour le Fraké en plantation. CTFT-CI. 6 p.

DUPUY B, DOUMBIA F., N'GUESSAN K. (1987). Table de production provisoire du Fraké (*Terminalia superba*) en Côte d'Ivoire. CTFT-CI. 26 p.

DUPUY B., DOUMBIA F., N'GUESSAN K., CABARET N. (1988). Table de production provisoire du *Cedrela odorata* en Côte d'Ivoire. CTFT-CI. 23 p.

DUPUY B., CABARET N., N'GUESSAN K. (1989). Table de production provisoire du Framiré (*Terminalia ivorensis*) en Côte d'Ivoire. CTFT-CI. 21 p.

DUPUY B., DOUMBIA F. (1990). Etudes sur la croissance du *Samba Triplochiton scleroxylon*) en plantation. Tables de production provisoires. CTFT-CI. 37 p.

DUPUY B., AUGOU A. (1990). Comportement de 47 espèces ivoiriennes de forêt dense humide plantées en plein découvert. Bilan à 8 ans des essais en forêt dense sempervirente (Yapo). CTFT-CI. 17 p.

DURAND P.Y. (1980). Les propriétés technologiques du *Cordia alliodora*. CTFT-CI. 7 p.

DURAND P.Y. (1984). La technologie du Teck en Côte d'Ivoire. CTFT-CI. 56 p.

DURAND P.Y. (1984). Propriétés technologiques et possibilités d'utilisation de 59 essences forestières de Côte d'Ivoire. CTFT-CI. 193 p.

DURAND P.Y. (1985). Nomenclature des essences ivoiriennes. CTFT-CI. 11 p.

DURAND P.Y. (1985). Quelques résultats d'essais technologiques concernant les principales essences de reboisement de Côte d'Ivoire. CTFT-CI. 21 p.

DURAND P.Y., EDI KOUASSI A. (1984). Propriétés physiques et mécaniques des Pins des Caraïbes (*P. caribeae et P. oocarpa*) plantés en Côte d'Ivoire. CTFT-CI. 27 p.

DURAND P.Y., EDI KOUASSI A. (1985). Propriétés physiques et mécaniques

du Samba en plantation âgé de 13 ans (Mopri 1970). CTFT-CI, 23 p.

FARGEOT C. (1984). Centre pilote d'afforestation en Limba. Bilan des trois premières campagnes. CTFT Congo. 49 p.

FAURE J.J., VIVIEN J. (1985). Arbres et forêts denses d'Afrique Centrale. Minist. de la Coopération. Paris. 562 p.

F.A.O. (1987). Où en est l'aménagement des forêts tropicales humides ? 156 (39). 172 p.

FORNI E. (1985). Etude de l'enracinement des boutures de Limba. CTFT-Congo. 8 p.

GALIANA A. (1986). Biologie florale du Fraké *Terminalia superba*) : observations phénologiques et étude de la reproduction sexuée. CTFT-CI. 34 p.

GOUDET J.P. (1971). Cours de sylviculture générale. CTFT-CI. 37 p.

GOUDET J.P. (1973). Etude sylvicole des principales essences commerciales. CTFT-CI. 28 p.

GOUDET J.P. (1973). Les techniques sylvicoles. CTFT-CI. 46 p.

GOUDET J.P., GUINAUDEAU F. (1968). Etude de plantation d'Acajou. Parcelle 1952. Forêt de N'Zida. CTFT-CI. 30 p.

GROULEZ J., WOOD P.J. (1984). *Terminalia superba*. Monographie. CTFT/CI. 1984. 85 p.

GUERIN J.L. (1974). Le Limba au Mayombé. Croissance en peuplements artificiels. CTFT Congo. 40 p.

HUET J. (1962). Note sur quelques défauts et altérations du Samba. CTFT-CI. 4 p.

HUET J. (1966). Plantations en forêt dense. Préparation des forêts à enrichir. CTFT-CI. 10 p.

JOLIVET E. (1983). Introduction aux modèles mathématiques en biologie. INRA. Masson. 148 p.

KADIO A. (1987). Etude des conditions d'enracinement des boutures herbacées de Samba sous mist. CTFT-CI. 15 p.

KADIO A. (1988). Résultats à 9 mois des essais clonaux de Samba à Mopri. CTFT-CI. 1988. 17 p.

KADIO A. (1990). Amélioration génétique du *Gmelina arborea* L. en Côte d'Ivoire. Bilan et perspectives. CTFT-CI. 18 p.

KANGA L.HB. (1985). *Epicerura pergrisea* Hampson, défoliateur principal des Terminalia en Côte d'Ivoire. Biologie et lutte. CTFT-CI. 15 p.

KOFFI KONAN J.C. (1987). Eléments de sylviculture pour le *Cedrela odorata* ENGREF/CTFT CI. 67 p.

KOFFI KONAN J.C., BERTAULT J.G. (1989). Note sur la croissance et la productivité du Pouo en forêt dense humide de Côte d'Ivoire. CTFT-CI. 16 p.

KOYO J.P. (1985). Bouturage et variabilité morphogénétique de clones de *Terminalia superba*) Engler et Diels ou Limba du Sud-Congo. Thèse Université Paris-Sud. Centre d'Orsay. 147 p.

LANIER L. (1986). Précis de sylviculture. ENGREF. 468 p.

LEGARE D. (1990). Influence du substrat et du mode de bouturage sur l'enracinement des boutures de *Triplochiton scleroxylon* à la station de la Téné. CTFT-CI. 17 p.

LESLIE A.J. (1987). Aspects économiques de l'aménagement des forêts tropicales. Unasylva 155 (39). 46-58.

MALAGNOUX M. (1975). Symposium sur la variabilité et les techniques de multiplication et d'amélioration du Samba : *Triplochiton scleroxylon* (Schum). BFT. (164). 25-30.

MAILLARD D. (1978). Bouturage du Limba et de diverses essences de forêt dense. CTFT-Congo. 59 p.

MAITRE H.F., DEREIX C. (1977). Evolution de la hauteur des peuplements de Teck en fonction de la fertilité des stations CTFT-CI. 17 p.

MAITRE H.F. (1978). Résultats des essais d'élagage artificiel du Teck de Matiemba et de la Seguié. CTFT-CI. 10 p.

MAITRE H.F. (1978). Le *Cedrela odorata*. Essais d'écartements progressifs de la Téné. CTFT-CI. 6 p.

MAITRE H.F. (1979). *Cordia alliodora*. Essai d'écartements progressifs de la Sangoué. CTFT-CI. 4 p.

MAITRE H.F. (1983). Table de production provisoire du teck en Côte d'Ivoire. CTFT-CI. 71 p.

MAITRE H.F., MALLET B. (1980). Le Framiré de plantation en Côte d'ivoire. CTFT-CI. 8 p.

MALLET B. (1978). Aspects phytosanitaires du bouturage du Samba. CTFT-CI. 11 p.

MALLET B. (1978). Note sur la variabilité phénologique interprovenance chez *Terminalia superba*. CTFT-CI. 4 p.

MALLET B. (1981). Présence de pourridiés sur le *Cedrela odorata* en Côte d'Ivoire CTFT-CI. 5 p.

MALLET B. (1979). Etude par A.C.P. de l'action d'extraits aqueux et de résidus de litière et racines de Framiré sur la croissance et la

composition minérale de jeunes plants. CTFT-CI/ORSTOM, 93 p.

MALLET B. (1983). Note sur les problèmes de *Terminalia ivorensis* A. CHEV. en Côte d'Ivoire. CTFT-CI. 3 p.

MALLET B. (1983). Le désherbage des plantations forestières mécanisées en Côte d'Ivoire. CTFT-CI. 12 p.

MALLET B. (1983). L'utilisation des herbicides de préémergence dans les plantations forestières mécanisées en Côte d'Ivoire. CTFT-CI. 13 p.

MALLET B. (1983). L'entretien chimique des jeunes plantations forestières mécanisées en Côte d'ivoire. Perspectives et réalités. CTFT-CI. 10 p.

MALLET B. (1984). La fertilisation des plantations forestières : quelques perspectives en Côte d'Ivoire. CTFT-CI. 18 p.

MALLET B. (1986). Problèmes entomologiques des plantations forestières en Côte d'ivoire. CTFT-CI. 14 p.

MILLE G., MALAGNOUX M. (1989). Les plantations d'enrichissement. CTFT. 177 p.

MARTINOT-LAGARDE P. (1961). Les reboisements en Azobé, Framiré et Cassia dans la basse Côte d'Ivoire. Eaux et Forêts. 11 p.

NEPVEU G. (1974). Les plantations de Fraké et de Limba de 1966 et 1967 à Oumé. CTFT-CI. 4 p.

NEPVEU G. (1974). Les plantations expérimentales de Samba en Côte d'Ivoire. CTFT-CI. 27 p.

N'GUESSAN A. (1986). Dispositif C.C.T. Plots Fraké. Sangoué 74. CTFT-CI. 5 p.

N'GUESSAN A. (1987). Essai comportement *Cedrela odorata*. Mopri. Bilan en 1987. 7 p.

N'GUESSAN A. (1987). Tarifs de cubage pour le *Gmelina arborea*. CTFT-CI.11 p.

N'GUESSAN A. (1988). Bilan en 1988 des parcelles de comportement de Badi à Yapo. CTFT-CI. 7 p.

N'GUESSAN A. (1988). Note sur une parcelle de comportement de Badi à Mopri. CTFT-CI. 3 p.

OFFICE NATIONAL DES FORETS. (1976). Manuel d'Aménagement. 2ème édition. Paris : Ministère de l'Agriculture. 202 p.

OUATTARA N'KLO. (1982). Note de travail sur les essais de comportement du Pin sur la station de Kokondekro. CTFT-CI. 11 p.

PALM R., CHENTOUF J. (1986). Ajustements de faisceaux de courbes : application au cas de hauteurs d'arbres. Note de statistique et

d'informatique. Faculté des sciences agronomiques. Gembloux. 14 p.

PALM R. (1989). Construction de tables de production à partir de placettes temporaires : présentation d'une méthode. Ann. Sci. For. (46). 377-389.

PARDE J. (1961). Dendrométrie. Nancy. Ecole Nationale des Eaux et Forêts. 350 p.

PARDE J. (1961). Comment préciser l'intensité d'une éclaircie. RFF. 551-557.

PARDE J. (1964). Intensité des éclaircies et production ligneuse. RFF. 936-945.

PARDE J., BOUCHON J. (1988). Dendrométrie. ENGREF. 328 p.

PESME X. (1982). Plantations expérimentales de Cedrela odorata en Côte d'Ivoire. CTFT-CI. 40 p.

PESME X. (1982). Croissance et productivité du Badi (*Nauclea diderrichii*) sur les stations de Yapo-Sud et de l'Anguédédou. CTFT-CI. 10 p.

SANGARE M. (1990). Contribution à l'établissement du plan de gestion du massif forestier de Yapo-Abbé. SODEFOR. 107 p.

SCHAEFFER L. (1949). Principes d'estimation forestière. Nancy. Ecole Nationale des Eaux et Forêts. 182 p.

SITBON R. (1981). Sciage de Framirés de plantation. CTFT-CI. 7 p.

SOUVANNAVONG O. (1978). Résultats après 10 ans d'inventaires des placeaux en plantation serrée de Niangon de 1930 à Yapo. CTFT-CI. 10 p.

SOUVANNAVONG O. (1983). Essai de bouturage herbacé du teck. CTFT-CI. 12 p.

SOUVANNAVONG O. (1983). Appui technique au volet aménagement des teckeraies du projet Aménagement Forestier et Reboisement Industriel au Togo. CTFT-CI. 24 p.

SOUVANNAVONG O. (1983). Etude comparative des provenances de Teck en Afrique de l'Ouest. CTFT-CI. 7 p.

SOUVANNAVONG O. (1984). Note technique : le greffage du Teck. CTFT-CI. 3 p.

TARIEL J. (1965). Les plantations pour la production de bois d'oeuvre en forêt dense semi-décidue. Notes sur la croissance du Samba et du Framiré. CTFT-CI. 25 p.

TOMASSONNE R., LESQUOY E., MILLIER C. (1983). La régression. Nouveaux regards sur une ancienne méthode statistique. INRA. Masson. 180 p.

VANNIERE B. (1984). Tables de production pour les forêts françaises. 2ème édition. ENGREF. 158 p.

VENNETIER M. (1981). Note sur les éclaircies dans les plantations mécanisées de Fraké. CTFT-CI. 15 p.

VENNETIER M. (1981). Bilan des plantations de Fraké en Côte d'Ivoire. CTFT-CI. 21 p.

VERHAEGEN D. (1987). Note de mise en place d'un parc à bois d'arbres + de Samba à la Téné. CTFT-CI. 12 p.

VERHAEGEN D. (1989). Note sur une analyse enzymatique par électrophorèse sur arbres + de Teck et de Samba. CTFT-CI. 9 p.

WENCELIUS F. (1973). Note sur la multiplication du Sipo. CTFT-CI. 6 p.

WENCELIUS F. (1975). Espace vital et croissance individuelle chez le jeune Teck dans les CCT plots de Matiemba. CTFT-CI. 8 p.

WENCELIUS F., GOUDET J.P., DE NEEF P. (1974). Etude statistique provisoire du comportement du Sipo en plantation. CTFT-CI. 8 p.

WENCELIUS F., MALAGNOUX M., DELAUNAY J. (1975). Le Teck en Côte d'Ivoire. CTFT-CI 1975, 15 p.

NO·11387

$$\frac{225+13}{238}$$

CAHIERS TECHNIQUES DE LA FAO

ÉTUDES FAO: FORÊTS

1. Contrats d'exploitation forestière sur domaine public, 1977 (A* E* F*)
2. Planification des routes forestières et des systèmes d'exploitation, 1977 (A* E* F*)
3. Liste mondiale des écoles forestières, 1977 (A/E/F*)
3 Rév. 1 - Liste mondiale des écoles forestières, 1981 (A/E/F*)
3 Rév. 2 - Liste mondiale des écoles forestières, 1986 (A/E/F*)
4. La demande, l'offre et le commerce de la pâte et du papier
   Vol. 1, 1977 (A* E* F*)
   Vol. 2, 1978 (A* E* F*)
5. The marketing of tropical wood in South America, 1978 (A* E*)
6. Manuel de planification des parcs nationaux, 1978 (A* E*** F*)
7. Le rôle des forêts dans le développement des collectivités locales, 1978 (A* E* F*)
8. Les techniques des plantations forestières, 1979 (A* Ar*** C* E* F*)
9. Wood chips, 1978 (A* C* E*)
10. Estimation des coûts d'exploitation à partir d'inventaires forestiers en zones tropicales, 1980
   1. Principes et méthodologie (A* E* F*)
   2. Recueil des données et calculs (A* E* F*)
11. Reboisement des savanes en Afrique, 1981 (A* F*)
12. China: forestry support for agriculture, 1978 (A*)
13. Prix des produits forestiers, 1979 (A/E/F*)
14. Mountain forest roads and harvesting, 1979 (A*)
14 Rév. 1 - Logging and transport in steep terrain, 1985 (A*)
15. AGRIS foresterie. Catalogue mondial des services d'information et de documentation, 1979 (A/E/F*)
16. Chine: industries intégrées du bois, 1980 (A* E*** F*)
17. Analyse économique des projets forestiers, 1980 (A* E* F*)
17 Sup. 1 - Economic analysis of forestry projects: case studies, 1979 (A* E*)
17 Sup. 2 - Economic analysis of forestry projects: readings, 1980 (A*)
18. Prix des produits forestiers 1960-1978, 1980 (A/E/F*)
19. Pulping and paper-making properties of fast growing plantation wood species
   Vol. 1, 1980 (A*)
   Vol. 2, 1980 (A*)
20/1. Amélioration génétique des arbres forestiers, 1985 (A* E* F*)
20/2. A guide to forest seed handling, 1985 (A*)
21. Influences exercées par les essences à croissance rapide sur les sols des régions tropicales humides de plaine, 1982 (A* E* F*)
22/1. Estimation des volumes et accroissement des peuplements forestiers, 1980
   Vol. 1 - Estimation des volumes (A* E* F*)
22/2. Estimation des volumes et accroissement des peuplements forestiers, 1980
   Vol. 2 - Etude et prévision de la production (A* E* F*)
23. Prix des produits forestiers 1961-1980, 1981 (A/E/F*)
24. Cable logging systems, 1981 (A*)
25. Public forestry administration in Latin America, 1981 (A*)
26. La foresterie et le développement rural, 1981 (A* E* F*)
27. Manuel d'inventaire forestier, 1981 (A* F*)
28. Small and medium sawmills in developing countries, 1981 (A* E*)
29. La demande et l'offre mondiales de produits forestiers 1990 et 2000, 1982 (A* E* F*)
30. Les ressources forestières tropicales, 1982 (A/E/F*)
31. Appropriate technology in forestry, 1982 (A*)
32. Classification et définitions des produits forestiers, 1982 (A/Ar/E/F*)
33. Exploitation des forêts de montagne, 1984 (A* E* F*)
34. Espèces fruitières forestières, 1982 (A* E* F*)
35. Forestry in China, 1982 (A*)
36. Technologie fondamentale dans les opérations forestières, 1982 (A* E* F*)
37. Conservation et mise en valeur des ressources forestières, 1982 (A* E* F*)
38. Prix des produits forestiers 1962-1981, 1982 (A/E/F*)
39. Frame saw manual, 1982 (A*)
40. Circular saw manual, 1983 (A*)
41. Techniques simples de carbonisation, 1983 (A* E* F*)
42. Disponibilités de bois de feu dans les pays en développement, 1983 (A* Ar* E* F*)
43. Systèmes de revenus forestiers dans les pays en développement, 1987 (A* E* F*)
44/1. Essences forestières, fruitières et alimentaires, 1984 (A* E* F*)
44/2. Essences forestières, fruitières et alimentaires, 1986 (A* E* F*)
44/3. Food and fruit-bearing forest species, 1986 (A* E*)
45. Establishing pulp and paper mills, 1983 (A*)
46. Prix des produits forestiers 1963-1982, 1983 (A/E/F*)
47. Enseignement technique forestier, 1989 (A* F*)
48. Evaluation des terres en foresterie, 1988 (A* E* F*)
49. Le débardage de bœufs et de tracteurs agricoles, 1986 (A* E* F*)
50. Transformations de la culture itinérante en Afrique, 1984 (A* F*)
50/1. Changes in shifting cultivation in Africa — seven case-studies, 1985 (A*)
51/1. Etudes sur les volumes et la productivité des peuplements forestiers tropicaux
   1. Formations forestières sèches, 1984 (F*)
52/1. Cost estimating in sawmilling industries: guidelines, 1984 (A*)
52/2. Field manual on cost estimation in sawmilling industries, 1985 (A*)
53. Aménagement polyvalent intensif des forêts au Kerala (Inde), 1985 (A* F*)
54. Planificación del desarrollo forestal, 1985 (E*)
55. Aménagement polyvalent intensif des forêts sous les tropiques, 1985 (A* E* F*)
56. Breeding poplars for disease resistance, 1985 (A*)
57. Coconut wood, 1985 (A* E*)
58. Sawdoctoring manual, 1985 (A*)
59. Les effets écologiques des eucalyptus, 1986 (A* E* F*)